



TUGAS AKHIR – TM141585

**ANALISA PERFORMA WIDYA WAHANA V DI WORLD
SOLAR CHALLENGE 2015**

HANIF TAUFIQ
2111100118

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Muhammad Nur Yuniarto

PROGRAM STUDI SARJANA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



FINAL PROJECT – TM141585

**PERFORMANCE ANALYSIS WIDYA WAHANA V IN
WORLD SOLAR CHALLENGE**

HANIF TAUFIQ
2111100118

Faculty Advisor
Dr. Ir. Muhammad Nur Yuniarto

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR (TM141585)**

**ANALISA PERFORMA WIDYA WAHANA V DI *WORLD*
*SOLAR CHALLENGE 2015***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Disusun Oleh :
HANIF TAUFIQ
NRP. 2111100118**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Muhammad Nur Yuniarto
NIP. 197506301998621001(Pembimbing)
2. Alief Wikarta, ST, MSc. Eng, PhD
NIP. 19828102006041002(Penguji I)
3. Indra Sidharta, ST, MSc
NIP. 198006192006041004(Penguji II)
4. Prof. Ir. Nyoman Sutantra, MSc. PhD
NIP. 195106051978031002(Penguji III)

**SURABAYA
JULI 2016**

ABSTRAK

ANALISA PERFORMA WIDYA WAHANA V DI *WORLD SOLAR CHALLENGE* 2015

Nama Mahasiswa : Hanif Taufiq
NRP : 2111 100 118
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Nur Yuniarto

Perkembangan mobil tenaga surya telah menjadi target perteknikan sejak tahun 1980an. Kompetisi *World Solar Challenge* (WSC) adalah perlombaan mobil bertenaga surya yang diadakan satu kali selama dua tahun di Australia, dan dalam ajang tersebut tim dari universitas dan perusahaan berlomba sepanjang 3022 km mulai dari Darwin menuju Adelaide. Sebagai salah satu perguruan tinggi negeri yang peduli terhadap kelangsungan hidup generasi penerus bangsa maka Institut Teknologi Sepuluh Nopember membuat kendaraan bertenaga surya. Widya Wahana V adalah kendaraan karya mahasiswa ITS yang didesain dan dirancang untuk menciptakan kendaraan bertenaga surya yang mampu menempuh jarak terjauh dengan konsumsi energi serendah mungkin dan kecepatan seoptimal mungkin. Widya Wahana V menempuh total jarak 1683 dari 3022 km pada perlombaan *World Solar Challenge* 2015 di Australia. Hasil ini dirasa kurang maksimal. Proses desain dan strategi perlombaan sangat menentukan konsumsi energi kendaraan. Oleh sebab itu, pada penelitian tugas akhir ini akan dibahas mengenai pemodelan dan simulasi dari Widya Wahana V sehingga diperoleh hasil simulasi mengenai performa dan karakteristik mobil yang dapat digunakan untuk menentukan *racing strategy* dan menjadi evaluasi untuk pembuatan Widya Wahana VI.

Dalam penelitian ini, Mobil Widya Wahana V dan desain baru Widya Wahana VI dimodelkan menggunakan *software MATLAB/Simulink* dengan *properties* dan parameter yang disesuaikan dengan data kendaraan dan data saat perlombaan. Pemodelan dilakukan berdasarkan *real time*, optimasi dan teori juara agar mendapatkan hasil yang maksimal. *Driving cycle* ditentukan secara konstan dan variasi yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kemudian juga untuk daya yang dibangkitkan oleh sel surya sudah disesuaikan dengan letak geografis benua Australia dan kota-kota yang dilalui pada saat perlombaan. Selain itu, dinamika kendaraan juga dimodelkan sehingga diketahui gaya traksi kendaraan, daya, torsi, rpm (*rotation per minute*), serta energi yang dibutuhkan oleh mobil.

Hasil yang didapatkan pada penelitian tugas akhir ini adalah Widya Wahana V dengan menggunakan kecepatan konstan mampu mencapai garis *finish* selama tujuh hari dengan total kebutuhan energi sebesar 70,5 KWH sedangkan dengan menggunakan kecepatan variasi mampu mencapai garis *finish* selama tujuh hari dengan total kebutuhan energi sebesar 70 KWH dan desain baru Widya Wahana VI dengan menggunakan kecepatan konstan tidak dapat menjadi juara dikarenakan gagal mencapai garis *finish* pada hari keenam sedangkan dengan menggunakan kecepatan variasi dapat menjadi juara dengan mencapai garis *finish* selama enam hari dengan total kebutuhan energi sebesar 58,5 KWH. Sehingga didapatkan *racing strategy* yang dapat digunakan pada perlombaan World Solar Challenge 2017.

Kata Kunci : *Widya Wahana V, pemodelan dan simulasi, MATLAB/Simulink, konsumsi energi.*

ABSTRACT

PERFORMANCE ANALYSIS WIDYA WAHANA V IN WORLD SOLAR CHALLENGE 2015

Name : Hanif Taufiq
NRP : 2111 100 118
Department : Teknik Mesin FTI-ITS
Advisor : Dr. Muhammad Nur Yuniarto

The development of solar cars have become the target of techniques since the 1980s. World Solar Challenge (WSC) competition is a solar car race that held one for two years in Australia, and in the event teams from universities and companies competing along 3022 km from Darwin to Adelaide. As one of the universities concerned with the survival of the nation's next generation, Institute of Technology make a solar-powered vehicle. Widya Wahana V is a vehicle designed by students of ITS and designed to create a solar-powered vehicle that gets the furthest distance with the lowest energy consumption and optimum speed. Widya Wahana V got a distance of 1683 km from 3022 km at the race of World Solar Challenge 2015 in Australia. The result is less than the maximum. Process design and racing strategy will determine the energy consumption of the vehicle. Therefore, this final project will discuss the modeling and simulation of Widya Wahana V in order to obtain simulation results about the performance and characteristics of the car that can be used to determine the racing strategy and be evaluated for the manufacture of Widya Wahana VI.

In this study, Widya Wahana V's Car and new design of the Widya Wahana VI modeled using MATLAB / Simulink software with properties and parameters that are adjusted with the vehicle data and the data race. The modeling is based on real time,

optimization and theory of champion in order to get maximum results. Driving cycle is determined constantly and variations that use slope of the ground. Then for the power generated by the solar cells have been adapted to the geographical location of Australia and the cities that passed during the race. Furthermore the vehicle dynamics are also modeled in order to know the vehicle traction force, power, torque, rpm (rotation per minute), and the energy required by a car.

The results obtained in this final project are Widya Wahana V using a constant speed able to reach the finish line for seven days with a total energy needs by 70,5 KWH while using the speed variation able to reach the finish line for seven days with a total energy needs by 70 KWH and the new design of Widya Wahana VI using a constant speed can not be a champion because of failing to reach the finish line on the sixth day while using speed variation can be champion by reaching the finish line for six days with a total energy needs by 58,5 KWH. So we get the racing strategy that can be used in the race of World Solar Challenge 2017.

Keywords : *Widya Wahana V, modeling and simulation, MATLAB / Simulink, energy consumption.*

DAFTAR ISI

JUDUL IND	i
JUDUL ENG	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR GRAFIK	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 RUMUSAN PERMASALAHAN	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN	4
1.5 MANFAAT	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 PENDAHULUAN	5
2.2 KAJIAN TERDAHULU	6
2.3 DASAR TEORI	20
2.3.1 PEMODELAN SAPU ANGIN SURYA GENERASI KEDUA	20
2.3.1.1 PERHITUNGAN GAYA TRAKSI	22
2.3.1.2 PERHITUNGAN DAYA TRAKSI	23
2.3.1.3 PERHITUNGAN TORSI	23
2.3.1.4 PERHITUNGAN RPM	24
2.3.1.5 PERHITUNGAN ENERGI YANG DIPERLUKAN	25
2.3.1.6 PERHITUNGAN ENERGI YANG TERSEDIA	25
2.3.1.7 PERHITUNGAN ENERGI YANG TERSISA	26
2.3.1.8 PERHITUNGAN DAYA YANG DIHASILKAN OLEH SEL SURYA	27
2.3.1.9 PEMODELAN MOBIL SAPU ANGIN SURYA MENGUNAKAN MATLAB/SIMULINK	29

2.3.2 WIDYA WAHANA V	31
BAB III METODOLOGI	
3.1 METODOLOGI PENELITIAN	35
3.2 IDENTIFIKASI PARAMETER DAN VARIABEL	37
3.2.1 SPESIFIKASI MOBIL WIDYA WAHANA V	37
3.2.2 REAL TIME DRIVECYCLE	38
3.2.3 DRIVECYCLE BERDASARKAN OPTIMASI WIDYA WAHANA V	45
3.2.4 DRIVECYCLE BERDASARKAN DESAIN BARU WIDYA WAHANA VI	52
3.2.5 REAL TIME POWER SOLAR ARRAY	58
3.2.6 POWER SOLAR ARRAY BERDASARKAN OPTIMASI WIDYA WAHANA V	65
3.2.7 POWER SOLAR ARRAY BERDASARKAN DESAIN BARU WIDYA WAHANA VI	73
3.3 IDENTIFIKASI PERMASALAHAN	80
3.4 STUDI LITERATUR	80
3.5 PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI	80
3.6 VERIFIKASI DAN VALIDASI	83
3.7 ANALISA DAN PEMBAHASAN	83
3.8 KESIMPULAN DAN SARAN	84
BAB IV HASIL DAN ANALISA	
4.1 PEMODELAN SISTEM DAN SIMULASI	85
4.2 VERIFIKASI DAN VALIDASI	88
4.3 HASIL DAN ANALISA OPTIMASI MOBIL WIDYA WAHANA V	91
4.3.1 HARI PERTAMA	91
4.3.2 HARI KEDUA	94
4.3.3 HARI KETIGA	97
4.3.4 HARI KEEMPAT	100
4.3.5 HARI KELIMA	103
4.3.6 HARI KEENAM	106
4.3.7 HARI KETUJUH	109
4.3.8 HASIL RATA-RATA DAYA, TORSI, DAN RPM	112

4.4 HASIL DAN ANALISA DESAIN BARU MOBIL WIDYA WAHANA VI	113
4.4.1 HARI PERTAMA	113
4.4.2 HARI KEDUA	116
4.4.3 HARI KETIGA	119
4.4.4 HARI KEEMPAT	122
4.4.5 HARI KELIMA	125
4.4.6 HARI KEENAM	128
4.4.7 HASIL RATA-RATA DAYA, TORSI, DAN RPM	131
4.5 PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI WIDYA WAHANA V DENGAN DESAIN BARU WIDYA WAHANA VI	132
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 KESIMPULAN	133
5.2 SARAN	136
DAFTAR PUSTAKA	139
LAMPIRAN	
LAMPIRAN 1. GAMBAR PEMODELAN DAYA, RPM, DAN TORSI	141
BIODATA PENULIS	143

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1 RUTE <i>WORLD SOLAR CHALLENGE 2015</i> SEJAUH 3022 KM (SHARP-WORLD, 2011)	1
GAMBAR 1.2 SAPU ANGIN SURYA (HTTP://WWW.SOLARCARTEAM.ITS.AC.ID)	2
GAMBAR 1.3 WIDYA WAHANA V (HTTP://WWW.SOLARCARTEAM.ITS.AC.ID)	2
GAMBAR 2.1 DIAGRAM ALIR KONSUMSI ENERGI PADA MOBIL LISTRIK (HTTP://OCW.MIT.EDU/TERMS)	5
GAMBAR 2.2 DIAGRAM ALIR KONSUMSI ENERGI PADA MOBIL SURYA (HTTP://OCW.MIT.EDU/TERMS)	6
GAMBAR 2.3 PEMODELAN <i>HYBRID ELECTRIC VEHICLE</i> (GRUNDIZ AND JANSSON, 2009)	8
GAMBAR 2.4 MODEL DARI <i>ELECTRIC VEHICLE</i> (BAMBANG SRI KALOKO, SOEBAGIO, MAURIDHI HERY PURNOMO, 2011)	9
GAMBAR 2.5 <i>POWER FLOW</i> DARI MODEL <i>ELECTRIC VEHICLE</i> (BAMBANG SRI KALOKO, DKK, 2011)	10
GAMBAR 2.6 SIMULASI MODEL (BAMBANG SRI KALOKO, DKK, 2011)	10
GAMBAR 2.7 KOMPONEN UTAMA PADA KENDARAAN BERTENAGA LISTRIK (FARHAN A. SALEM PHD, 2013)	11
GAMBAR 2.8 DASAR PEMODELAN KENDARAAN BERTENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN SIMULINK (FARHAN A. SALEM, 2013)	12
GAMBAR 2.9 KURVA <i>STEP RESPONSE</i> DARI PEMODELAN <i>OPEN LOOP</i> MOBIL LISTRIK (FARHAN A. SALEM PHD, 2013)	12
GAMBAR 2.10 <i>POWER SYSTEM OF SOLAR CAR</i> (ALEXANDRA BOULGAKOV, 2012)	13
GAMBAR 2.11 KOMPONEN UTAMA PADA KENDARAAN BERTENAGA SURYA (FARHAN A. SALEM, 2014)	13
GAMBAR 2.12 SISTEM STRATEGI KENDARAAN BERTENAGA SURYA (ALEXANDRA BOULGAKOV, 2012)	14
GAMBAR 2.13 SIMULINK <i>ELECTRICAL POWER TRAIN</i> (ASAF ERLICH, DKK, 2011)	15

GAMBAR 2.14 SIMULINK <i>SOLAR ARRAY</i> (ASAF <i>ERLICH</i> , DKK, 2011)	15
GAMBAR 2.15 SIMULINK <i>RECHARGE BATTERY</i> (ASAF <i>ERLICH</i> , DKK, 2011)	16
GAMBAR 2.16 <i>MECHANICAL POWER TRAIN</i> (ASAF <i>ERLICH</i> , DKK, 2011)	16
GAMBAR 2.17 <i>BLOCK DIAGRAM</i> DARI SELURUH SISTEM (MARIA <i>BEATRIZ NAMORADO STOFFEL FERIA</i> , 2012)	17
GAMBAR 2.18 PEMODELAN MENGGUNAKAN SIMULINK (MARIA <i>BEATRIZ NAMORADO STOFFEL FERIA</i> , 2012)	18
GAMBAR 2.19 PEMODELAN KENDARAAN BERTENAGA SURYA (TEAM <i>APOLLO</i> , 2011)	19
GAMBAR 2.20 DESAIN SAPU ANGIN SURYA GENERASI KEDUA (SITI C. NISA, 2014)	21
GAMBAR 2.21 PEMODELAN GAYA TRAKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE MATLAB/SIMULINK</i> (SITI C. NISA, 2014)	22
GAMBAR 2.22 PEMODELAN DAYA TRAKSI KENDARAAN MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE MATLAB/SIMULINK</i> (SITI C. NISA, 2014)	23
GAMBAR 2.23 PEMODELAN TORSI YANG DIBUTUHKAN OLEH KENDARAAN MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE MATLAB/SIMULINK</i> (SITI C. NISA, 2014)	24
GAMBAR 2.24 PEMODELAN RPM KENDARAAN MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE MATLAB/SIMULINK</i> (SITI C. NISA, 2014)	24
GAMBAR 2.25 PEMODELAN ENERGI YANG DIBUTUHKAN OLEH SAPU ANGIN SURYA GENERASI KEDUA MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE MATLAB/SIMULINK</i> (SITI C. NISA, 2014)	25
GAMBAR 2.26 PEMODELAN ENERGI YANG TERSEDIA MOBIL SAPU ANGIN SURYA MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE MATLAB/SIMULINK</i> (SITI C. NISA, 2014)	26
GAMBAR 2.27 PEMODELAN ENERGI YANG TERSISA MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE MATLAB/SIMULINK</i> (SITI C. NISA, 2014)	26
GAMBAR 2.28 SUDUT YANG DITIMBULKAN SINAR MATAHARI	28

GAMBAR 2.29 PEMODELAN MOBIL SAPU ANGIN SURYA GENERASI KEDUA MENGGUNAKAN <i>SOFTWARE</i> MATLAB/SIMULINK (<i>Siti C. Nisa, 2014</i>)	30
GAMBAR 2.30 DIMENSI LEBAR WIDYA WAHANA V	32
GAMBAR 2.31 DIMENSI PANJANG DAN TINGGI WIDYA WAHANA V	32
GAMBAR 3.1 DIAGRAM ALIR PEMODELAN DAN SIMULASI MOBIL WIDYA WAHANA V	36
GAMBAR 3.2 MOBIL WIDYA WAHANA V	38
GAMBAR 3.3 DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN	82
GAMBAR 4.1 PEMODELAN DAYA, RPM DAN TORSI	86
GAMBAR 4.2 PEMODELAN KONSUMSI ENERGI	86
GAMBAR 4.3 PERBANDINGAN RATA-RATA DAYA YANG DIBUTUHKAN HASIL SIMULASI DENGAN HASIL MONITORING	89
GAMBAR 4.4 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA V PADA HARI PERTAMA	92
GAMBAR 4.5 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA V PADA HARI PERTAMA	92
GAMBAR 4.6 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA V PADA HARI KEDUA	95
GAMBAR 4.7 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA V PADA HARI KEDUA	95
GAMBAR 4.8 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA V PADA HARI KETIGA	98
GAMBAR 4.9 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA V PADA HARI KETIGA	98
GAMBAR 4.10 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA V PADA HARI KEEMPAT	101
GAMBAR 4.11 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA V PADA HARI KEEMPAT	101
GAMBAR 4.12 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA V PADA HARI KELIMA	104
GAMBAR 4.13 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA V PADA HARI KELIMA	104

GAMBAR 4.14 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA V PADA HARI KEENAM	107
GAMBAR 4.15 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA V PADA HARI KEENAM	107
GAMBAR 4.16 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA V PADA HARI KETUJUH	110
GAMBAR 4.17 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA V PADA HARI KETUJUH	110
GAMBAR 4.18 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA VI PADA HARI PERTAMA	114
GAMBAR 4.19 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA VI PADA HARI PERTAMA	114
GAMBAR 4.20 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEDUA	117
GAMBAR 4.21 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEDUA	117
GAMBAR 4.22 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA VI PADA HARI KETIGA	120
GAMBAR 4.23 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA VI PADA HARI KETIGA	120
GAMBAR 4.24 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEEMPAT	123
GAMBAR 4.25 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEEMPAT	123
GAMBAR 4.26 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA VI PADA HARI KELIMA	126
GAMBAR 4.27 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA VI PADA HARI KELIMA	126
GAMBAR 4.28 GRAFIK ANALISA WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEENAM	129
GAMBAR 4.29 GRAFIK KEMIRINGAN JALAN WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEENAM	129

DAFTAR GRAFIK

GRAFIK 3.1 <i>REAL DRIVECYCLE</i> PADA HARI PERTAMA	39
GRAFIK 3.2 <i>REAL DRIVECYCLE</i> PADA HARI KEDUA	40
GRAFIK 3.3 <i>REAL DRIVECYCLE</i> PADA HARI KETIGA	41
GRAFIK 3.4 <i>REAL DRIVECYCLE</i> PADA HARI KEEMPAT	42
GRAFIK 3.5 <i>REAL DRIVECYCLE</i> PADA HARI KELIMA	43
GRAFIK 3.6 <i>REAL DRIVECYCLE</i> PADA HARI KEENAM	44
GRAFIK 3.7 <i>REAL DRIVECYCLE</i> PADA HARI KETUJUH	45
GRAFIK 3.8 <i>DRIVECYCLE</i> OPTIMASI PADA HARI PERTAMA	46
GRAFIK 3.9 <i>DRIVECYCLE</i> OPTIMASI PADA HARI KEDUA	47
GRAFIK 3.10 <i>DRIVECYCLE</i> OPTIMASI PADA HARI KETIGA	48
GRAFIK 3.11 <i>DRIVECYCLE</i> OPTIMASI PADA HARI KEEMPAT	49
GRAFIK 3.12 <i>DRIVECYCLE</i> OPTIMASI PADA HARI KELIMA	50
GRAFIK 3.13 <i>DRIVECYCLE</i> OPTIMASI PADA HARI KEENAM	51
GRAFIK 3.14 <i>DRIVECYCLE</i> OPTIMASI PADA HARI KETUJUH	52
GRAFIK 3.15 <i>DRIVECYCLE</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI PERTAMA	53
GRAFIK 3.16 <i>DRIVECYCLE</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEDUA	54
GRAFIK 3.17 <i>DRIVECYCLE</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KETIGA	55
GRAFIK 3.18 <i>DRIVECYCLE</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEEMPAT	56
GRAFIK 3.19 <i>DRIVECYCLE</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KELIMA	57
GRAFIK 3.20 <i>DRIVECYCLE</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEENAM	58
GRAFIK 3.21 <i>REAL POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI PERTAMA	59
GRAFIK 3.22 <i>REAL POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KEDUA	60
GRAFIK 3.23 <i>REAL POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KETIGA	61
GRAFIK 3.24 <i>REAL POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KEEMPAT	62
GRAFIK 3.25 <i>REAL POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KELIMA	63
GRAFIK 3.26 <i>REAL POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KEENAM	64
GRAFIK 3.27 <i>REAL POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KETUJUH	65

GRAFIK 3.28 OPTIMASI <i>POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI PERTAMA	66
GRAFIK 3.29 OPTIMASI <i>POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KEDUA	67
GRAFIK 3.30 OPTIMASI <i>POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KETIGA	68
GRAFIK 3.31 OPTIMASI <i>POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KEEMPAT	69
GRAFIK 3.32 OPTIMASI <i>POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KELIMA	70
GRAFIK 3.33 OPTIMASI <i>POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KEENAM	71
GRAFIK 3.34 OPTIMASI <i>POWER SOLAR ARRAY</i> PADA HARI KETUJUH	72
GRAFIK 3.35 <i>POWER SOLAR ARRAY</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI PERTAMA	74
GRAFIK 3.36 <i>POWER SOLAR ARRAY</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEDUA	75
GRAFIK 3.37 <i>POWER SOLAR ARRAY</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KETIGA	76
GRAFIK 3.38 <i>POWER SOLAR ARRAY</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEEMPAT	77
GRAFIK 3.39 <i>POWER SOLAR ARRAY</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KELIMA	78
GRAFIK 3.40 <i>POWER SOLAR ARRAY</i> WIDYA WAHANA VI PADA HARI KEENAM	79

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 SPESIFIKASI MOBIL SAPU ANGIN SURYA GENERASI KEDUA (<i>SITI C. NISA, 2014</i>)	21
TABEL 3.1 SPESIFIKASI MOBIL WIDYA WAHANA V	37
TABEL 4.1 PERBANDINGAN RATA-RATA DAYA YANG DIBUTUHKAN HASIL SIMULASI DENGAN HASIL MONITORING	88
TABEL 4.2 HASIL SIMULASI RATA-RATA RPM DAN TORSI YANG DIBUTUHKAN	90
TABEL 4.3 HASIL SIMULASI RATA-RATA DAYA, TORSI, DAN RPM YANG DIBUTUHHKAN MOBIL WIDYA WAHANA V	112
TABEL 4.4 HASIL SIMULASI RATA-RATA DAYA, TORSI, DAN RPM YANG DIBUTUHHKAN MOBIL WIDYA WAHANA VI	131
TABEL 4.5 PERBANDINGAN HASIL OPTIMASI WIDYA WAHANA V DENGAN DESAIN BARU WIDYA WAHANA VI	132

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

World Solar Challenge (WSC) adalah perlombaan mobil bertenaga surya yang diadakan satu kali selama dua tahun di Australia, dan dalam ajang tersebut tim dari universitas dan perusahaan berlomba sepanjang 3022 km mulai dari Darwin menuju Adelaide. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) sebagai salah satu perguruan tinggi negeri berbasis teknologi terbaik di Indonesia memiliki peranan cukup penting dalam perkembangan teknologi di Indonesia. Salah satunya adalah dengan mengembangkan mobil bertenaga surya yang telah diproduksi sebanyak 5 unit dimana 2 unit terakhir diikuti dalam ajang WSC pada tahun 2013 dan 2015. Pada tahun 2013, ITS mengikuti perlombaan ini dengan mobil surya bernama Sapu Angin Surya dan hanya berhasil menempuh jarak 784 km. Sedangkan pada tahun 2015, ITS kembali ikut serta dengan mobil surya bernama Widya Wahana V dengan jarak tempuh 1683 km.

Berbagai kendala dan kesulitan dialami Sapu Angin Surya dan Widya Wahana V saat perlombaan sehingga menyebabkan hasil yang kurang maksimal. Proses pendesainan yang kurang matang dan strategi perlombaan yang salah menyebabkan konsumsi energi kendaraan yang tidak optimal.



Gambar 1.1 Rute *World Solar Challenge* 2015 sejauh 3022 km
(Sharp-World, 2011)



Gambar 1.2 Sapu Angin Surya (<http://www.solarcarteam.its.ac.id>)



Gambar 1.3 Widya Wahana V (<http://www.solarcarteam.its.ac.id>)

Melalui laporan Tugas Akhir ini, dibuat sebuah pemodelan dan simulasi jalannya kendaraan dengan cara mengemudi yang telah ditentukan (*racing strategy*), berdasarkan properti Widya Wahana V dan data medan yang dilalui selama perlombaan. Widya

Wahana V dimodelkan sehingga didapatkan optimasi Widya Wahana V hingga mencapai garis *finish* selama tujuh hari dan juga dimodelkan desain baru Widya Wahana VI dengan target menjadi juara mencapai garis *finish* selama enam hari. Simulasi dan pemodelan ini akan mengevaluasi tingkat konsumsi energi menggunakan MATLAB/Simulink. Dengan simulasi ini, didapat prediksi jumlah konsumsi energi yang mampu dicapai dan juga diharapkan akan mempermudah pengembangan Widya Wahana VI untuk ajang *World Solar Challenge* 2017 dengan hasil yang maksimal.

1.2 Rumusan Permasalahan

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Penentuan properti kendaraan, lintasan dan sel surya.
2. Pemodelan dan simulasi kendaraan.
3. Penentuan strategi perlombaan.
4. Perbandingan hasil optimasi Widya Wahana V dengan desain baru Widya Wahana VI.

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang digunakan di dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Kondisi dan properti Widya Wahana V diperoleh berdasarkan data dan informasi dari Tim ITS *Solar Car* 2015.
2. Properti lintasan berdasarkan lintasan perlombaan di Australia dengan mengacu pada *Route Notes* perlombaan WSC 2015.
3. Gaya oleh *drag* hanya dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan bukan dari arah angin.

4. Setiap pergantian hari kapasitas baterai bertambah 5 KWH dari pengisian *solar cell* sebelum dan sesudah perlombaan pada pukul 17.00 – 19.00 dan 05.00 – 08.00 waktu setempat.
5. Pengisian eksternal baterai hanya dilakukan setelah melewati *control stop* Alice Springs.
6. Dasar pemodelan diperoleh dari *design engineering* Widya Wahana V.
7. Pemberhentian waktu lomba hanya dilakukan di setiap *control stop*.

1.4 Tujuan

Dengan mengacu pada perumusan masalah di atas, maka tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Membuat model kendaraan Widya Wahana V dan desain baru Widya Wahana VI pada MATLAB/Simulink..
2. Mensimulasikan performa Widya Wahana V dan Widya Wahana VI pada MATLAB/Simulink.
3. Membandingkan hasil optimasi Widya Wahana V dengan desain baru Widya Wahana VI.
4. Menentukan strategi perlombaan untuk *World Solar Challenge* 2017.

1.5 Manfaat

Tugas Akhir ini memiliki manfaat antara lain :

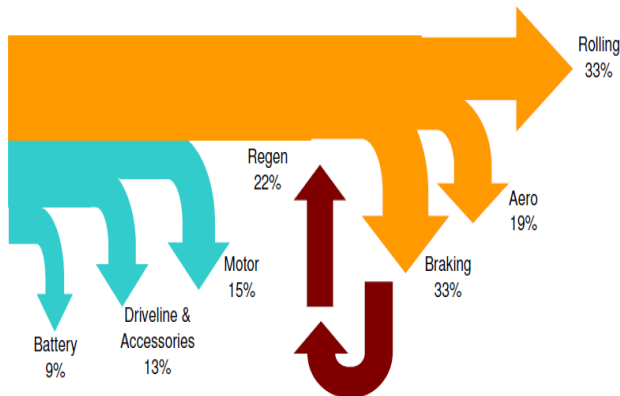
1. Mengetahui performa Widya Wahana V.
2. Evaluasi desain kendaraan.
3. Mempermudah pengembangan Widya Wahana VI.

BAB II

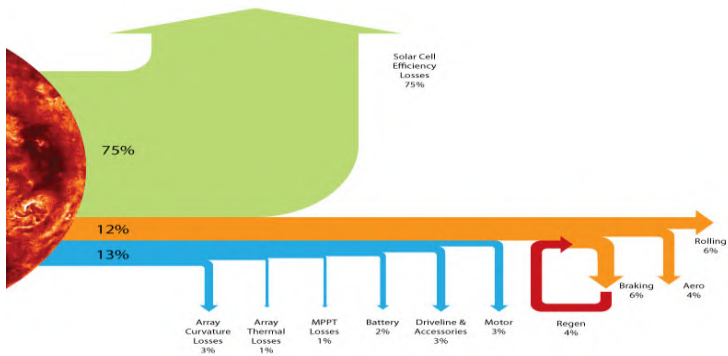
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Pada dasarnya prinsip kerja dari mobil surya dengan mobil listrik sama, hanya berbeda dalam beberapa hal. Perbedaan yang paling utama yaitu pada mobil listrik pengisian daya dilakukan menggunakan sumber listrik berupa listrik PLN sedangkan pada mobil surya pengisian dayanya dilakukan oleh sel surya yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pada mobil listrik konsumsi energi digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 2.1, konsumsi energi terbesar ada pada kegiatan mekanik seperti *rolling resistance*, *aerodynamic force* dan *braking force*. Sedangkan konsumsi energi pada mobil bertenaga surya dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2.2. Dari 100% energi yang diperoleh dari sinar matahari, sebesar 75% nya merupakan energi yang hilang. Sisanya sebesar 12% energi digunakan pada sistem mekanik kendaraan seperti gaya traksi dan sistem pengereman.



Gambar 2.1 Diagram Alir Konsumsi Energi pada Mobil Listrik
(<http://ocw.mit.edu/terms>)



Gambar 2.2 Diagram Alir Konsumsi Energi pada Mobil Surya
(<http://ocw.mit.edu/terms>)

2.2 Kajian Terdahulu

Pemodelan dan simulasi telah banyak dilakukan untuk mengetahui performa maksimal berbagai macam kendaraan mulai dari kendaraan konvensional, kendaraan bertenaga listrik sampai kendaraan bertenaga surya dan masih banyak yang lainnya. Macam – macam pemodelan simulasi antara lain (Law and Kelton, 2000) :

1. *Continue* dan *Discrete*. Pemodelan *continue* memiliki kondisi variabel yang berubah – ubah secara berlanjut seiring dengan berjalannya waktu. Contohnya adalah aliran fluida di dalam pipa atau posisi pesawat saat terbang dari *take off* sampai *landing*. Sedangkan pemodelan *discrete*, kondisi variabel berubah pada titik – titik waktu yang berbeda. Contohnya adalah antrian bank, dan lampu merah.
2. Statis dan Dinamis. Model simulasi statis merepresentasikan suatu sistem pada waktu tertentu. Salah satu tipe yang umum dari model simulasi statis adalah bergulirnya waktu tidak berpengaruh terhadap penyelesaian masalah, dan penggunaan bilangan random untuk menyelesaikan masalah tersebut. Contohnya adalah supermarket, jika diamati pada saat tertentu maka

sistem tersebut merupakan sistem yang statis. Pada model simulasi dinamis, sistem berubah berdasarkan waktu. Contohnya supermarket pada setiap waktu terjadi perubahan jumlah pengunjung.

3. Deterministik atau stokastik. Model simulasi deterministik mengasumsikan tidak ada variabilitas dalam parameter model, oleh karena itu tidak melibatkan bilangan random. Jika model tersebut dijalankan, maka hasil outputnya akan selalu sama atau jika ada perubahan nilai variabel *state*-nya tetap mengikuti fungsi tertentu. Sedangkan pada model stokastik, parameter model memiliki satu atau beberapa variabel random untuk menjelaskan proses yang diamati. Keluaran dari model ini bersifat random dan hanya merupakan perkiraan dari sistem aktual. Maka diperlukan beberapa kali menjalankan model untuk mendapatkan hasil rata – rata. Contohnya adalah lama pelayanan kasir di bank untuk pelanggan yang sama dengan keperluan sama, dan kasirnya juga sama, waktu pelayanan belum tentu sama persis.

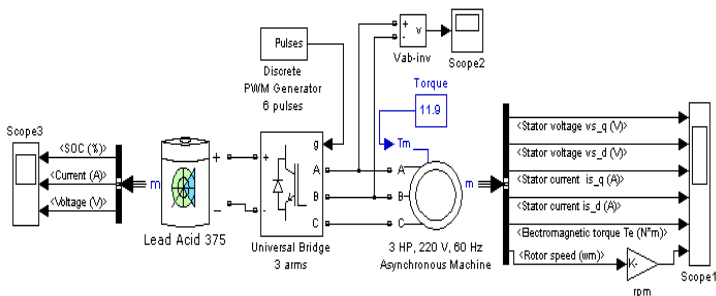
Sedangkan menurut (*Xi Wei, M.S, 2004*), klasifikasi sistem model dapat dikelompokkan berdasarkan pada kriteria berikut :

1. Linearitas : linear dan non linear.
2. Skala waktu : statis, frekuensi rendah dinamis, frekuensi tinggi dinamis, dan distribusi fisik.
3. Sumber : data eksperimen, persamaan empiris, dan derivasi prinsip pertama.
4. *Degree of freedom* (DOF) : *single* DOF dan *multi* DOF.
5. Kontinuitas : kontinu dan diskrit.
6. Domain : berdasarkan waktu dan berdasarkan aktifitas.
7. Properti parameter : disamakan dan didistribusikan.
8. Bahasa pemodelan : kuantitatif dan kualitatif

Pemodelan dan simulasi kendaraan pernah dilakukan oleh beberapa orang, diantaranya :

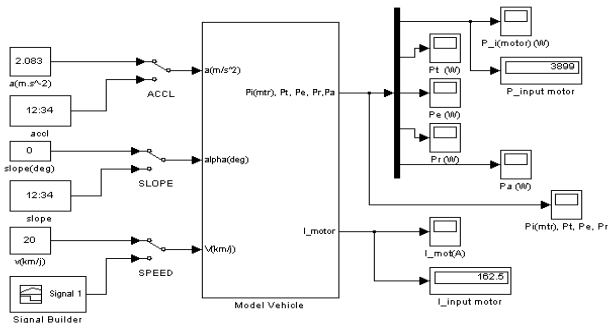
(Bambang Sri Kaloko dkk, 2011) mendesain *electrical vehicle* menggunakan software *MATLAB/Simulink* untuk

mendapatkan daya terbaik dalam sistem *management* energi. Pada penelitian ini dimodelkan *electric vehicle* jenis *urban concept* yang sesuai dengan keadaan geografis Indonesia. Komponen – komponen dari kendaraan ini meliputi motor listrik sebagai penggerak utama, dan baterai sebagai sistem penyimpanan energi. Motor listrik digunakan sebagai penggerak karena memiliki banyak keuntungan diantaranya lebih kuat, lebih murah, dapat digunakan untuk berkendara dengan kecepatan konstan kemana-mana, inersia besar dan tidak membutuhkan *maintenance* secara rutin. Model dari motor listrik lebih fleksibel dibandingkan dengan mesin konvensional. Sedangkan baterai yang digunakan masih menggunakan *Lead Acid Battery*, karena mudah ditemukan dengan harga yang relatif murah. Ini alasan mengapa tipe baterai jenis ini dipilih selain karena tipe baterai ini dapat digunakan untuk menghidupkan mesin yang membutuhkan arus yang tinggi. *Output* dari *Lead Acid Battery* adalah DC tegangan/arus, sedangkan motor yang digunakan adalah motor induksi, sehingga diperlukan konverter daya untuk mengkonversi output dari baterai yang kemudian diteruskan ke motor induksi. Teknologi yang digunakan pada konverter daya adalah *PWM Converter*. Berdasarkan dari variabel dan parameter dari kendaraan yang kemudian dimodelkan menggunakan Simulink MATLAB maka didapat keluaran dari simulasi berupa daya dan arus *input* dari motor.

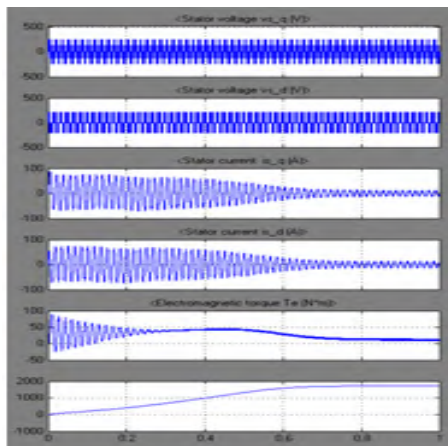


Gambar 2.4 Model dari *electric vehicle* (Bambang Sri Kaloko, Soebagio, Mauridhi Hery Purnomo, 2011)

Dari persamaan – persamaan yang diperoleh dari perhitungan *dynamic vehicle* dapat dimodelkan kedalam software MATLAB/Simulink yang merepresentasikan kendaraan. Input yang diperlukan adalah moel dari akselerasi, kecepatan, dan kemiringan jalan yang mengeluarkan output dari motor dan arus. Berdasarkan dari data-data parameter dan variabel dari kendaraan dapat diketahui juga gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan *prototype* kendaraan.



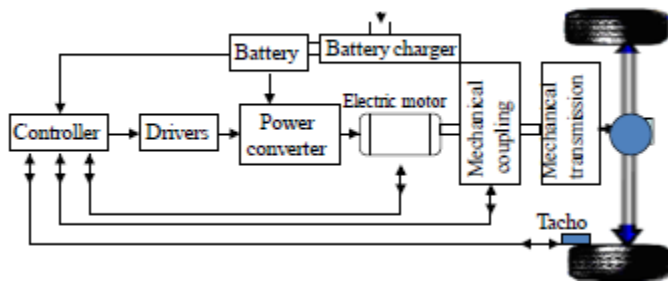
Gambar 2.5 Power flow dari model *electric vehicle* (Bambang Sri Kaloko, dkk, 2011)



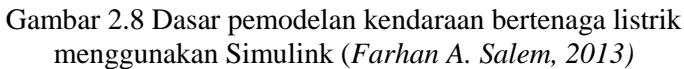
Gambar 2.6 Simulasi model (Bambang Sri Kaloko, dkk, 2011)

Hasil simulasi yang didapat ditampilkan pada Gambar 2.6, dimana menunjukkan performa dari *electric vehicle* saat mulai berjalan dan berjalan dengan kecepatan yang dijaga konstan.

Menurut (Farhan A. Salem, 2013) sistem pada mobil listrik dibagi menjadi dua subsistem, yaitu sistem kelistrikan pada kendaraan dan sistem dinamik kendaraan, keduanya dimodelkan berdasarkan semua gaya yang bekerja dan parameter-parameter. Komponen-komponen yang ada di dalam mobil listrik ditunjukkan seperti Gambar 2.7. Komponen-komponen tersebut sudah meliputi aspek mekanikal, elektrik dan kontrol. Perbedaan penelitian untuk desain *electric vehicle* khususnya pada pemodelan dan kontrol dapat dicari, keakuratan model matematika dari kedua subsistem direpresentasikan pada simulink, kedua subsistem dipasangkan dengan kecepatan putaran roda melalui karakteristik motor listrik dan gaya-gaya yang bekerja meliputi gaya traksi, torsi, dll, juga untuk mengontrol performa dari *electric vehicle*, khususnya mengendarai kendaraan dengan nyaman. Sistem kontrol yang tepat terdiri dari dua *loop*, kontrol kecepatan dan kontrol arus didesain, diuji dan diverifikasi menggunakan software MATLAB/Simulink.



Gambar 2.7 Komponen utama pada kendaraan bertenaga listrik
(Farhan A. Salem PhD, 2013)

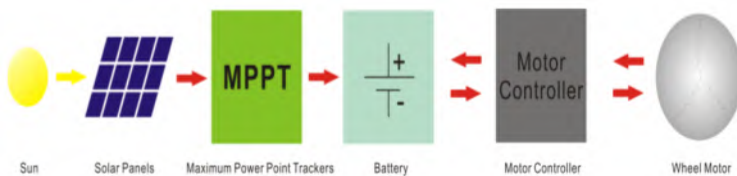


The figure displays six plots showing the motor's response over a 10-second period:

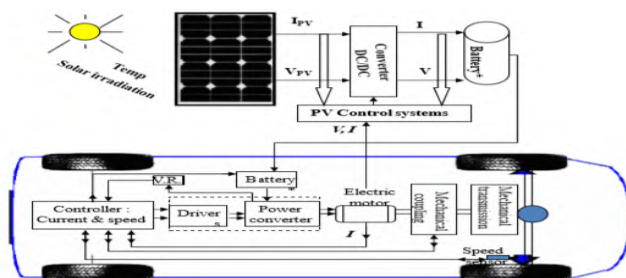
- Linear speed/time v** : The speed starts at 0, rises to a peak of approximately 8.5 m/s at 1 second, and then settles to a steady-state value of about 8 m/s.
- Angular speed/time**: The angular speed starts at 0, rises to a peak of approximately 30 rad/sec at 1 second, and then settles to a steady-state value of about 26 rad/sec.
- Armature current**: The current starts at 0, rises to a peak of approximately 75 Amp at 1 second, and then settles to a steady-state value of about 50 Amp.
- Linear acceleration m/sec^2** : The acceleration starts at 0, rises to a peak of approximately 10 m/sec^2 at 1 second, and then settles to a steady-state value of about 0 m/sec^2 .
- Linear position/time θ** : The position starts at 0 and increases linearly to approximately 250 meters at 10 seconds.
- Motor Torque/time**: The torque starts at 0, rises to a peak of approximately 75 Nm at 1 second, and then settles to a steady-state value of about 50 Nm.

Gambar 2.9 Kurva *step response* dari pemodelan *open loop* mobil listrik (Farhan A. Salem, 2013)

Penelitian mengenai pemodelan kendaraan bertenaga surya oleh *Alexandra Boulgakov, 2012* membahas sistem strategi *race Sunswift V* pada *World Solar Challenge 2011* agar diperoleh hasil yang maksimal. Sehingga diperlukan pemodelan mekanikal dan *electrical* kendaraan bertenaga surya untuk mengetahui pengukuran *charging battery*. Kendaraan bertenaga surya membawa 2 kg Baterai Lithium Ion dengan kapasitas penyimpanan energi 5 kWh, cukup untuk membawa Sunswift melaju di kecepatan 80 km/jam selama 5 jam. Tiga Maximum Power Point Tracker (MPPT) memastikan bahwa energi yang diserap oleh sel surya dapat tersimpan sempurna ke dalam baterai. Solar sel mampu menyalurkan daya 1,3 kW di setiap posisi kondisi matahari. *Controller* dirancang khusus untuk memegang fungsi *regenerative braking* dan *cruise control* agar berfungsi dengan sempurna. Interaksi dari penyaluran daya di kendaraan bertenaga surya dapat digambarkan seperti gambar dibawah.

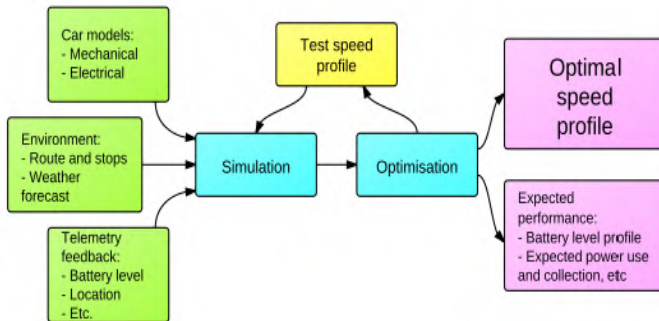


Gambar 2.10 *Power system of solar car (Alexandra Boulgakov, 2012)*



Gambar 2.11 *Komponen utama pada kendaraan bertenaga surya (Farhan A. Salem, 2014)*

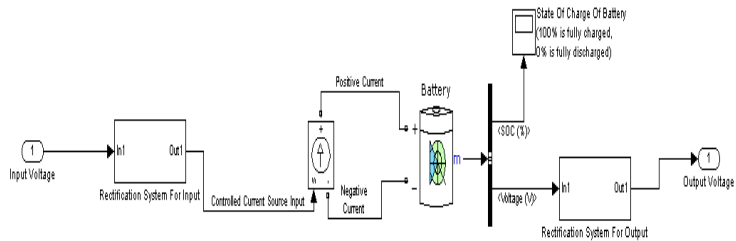
Tujuan dari strategi perlombaan kendaraan bertenaga surya adalah untuk meminimalkan total waktu yang digunakan untuk menempuh jarak sejauh 3000 km dalam WSC 2011. Strategi yang ideal dapat dideskripsikan melalui profil kecepatan sepanjang rute perlombaan, dimana kendaraan bertenaga surya harus mengikuti energi yang dipunyai dalam mencapai kemungkinan waktu tercepat. Berikut dijelaskan garis besar komponen utama dalam sistem strategi kendaraan bertenaga surya.



Gambar 2.12 Sistem strategi kendaraan bertenaga surya
(Alexandra Boulgakov, 2012)

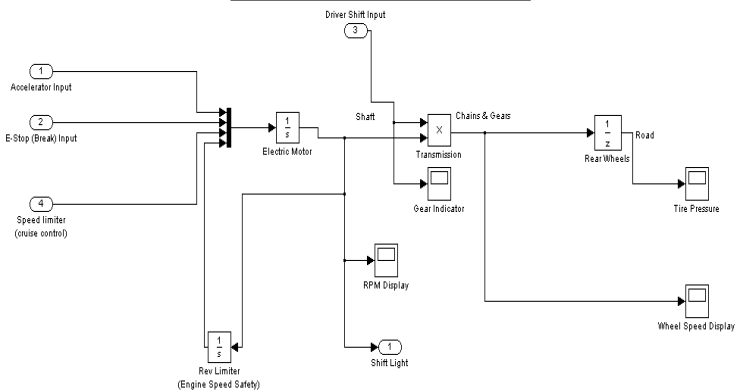
Pada penelitian yang dilakukan oleh (Asaf Erlich, dkk, 2011), penelitian menjelaskan desain dan pembuatan kendaraan bertenaga surya dengan memodelkan menggunakan Simulink untuk elektrik dan mekanikal kendaraannya. Berikut digambarkan pemodelan di Simulink pada sistem *Electrical Power Train*, *Solar Array*, *Battery* dan *Mechanical Power Train*.

Rechargeable Battery With Rectification System



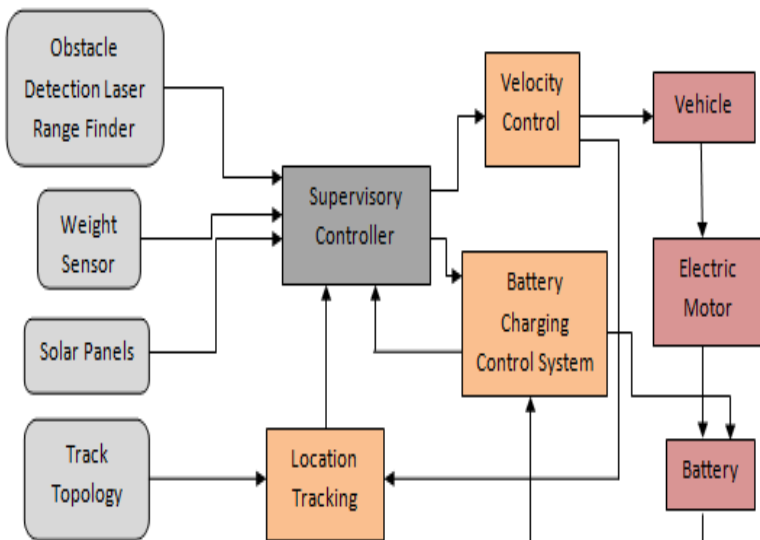
Gambar 2.15 Simulink *Recharge Battery* (Asaf Erlich, dkk, 2011)

Mechincal Power Train



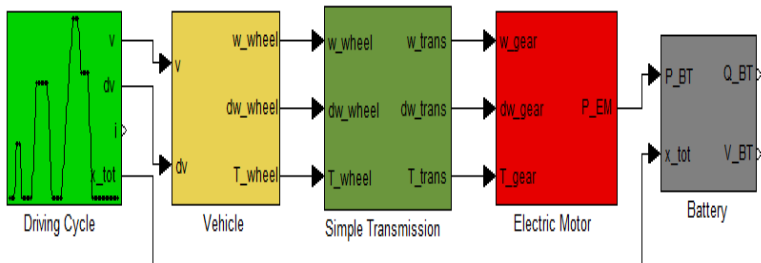
Gambar 2.16 *Mechanical Power Train* (Asaf Erlich, dkk, 2011)

Maria Beatriz Namorado Stoffel Feria, 2012 membuat pemodelan untuk kereta api bertenaga surya untuk mengetahui konsumsi energinya. Keseluruhan sistem disusun oleh empat tipe blok. Grup pertama terdiri atas *laser range finder*, *weight sensor*, *solar panels*, and *track topology block*. Kelompok blok tersebut menyediakan informasi ke sistem dan tidak dapat dikontrol. Grup kedua tersusun oleh blok *vehicle*, *electric motor*, dan *battery*. Blok-blok ini mensimulasikan perlakuan dinamik dari masing-masing representasi elemen dan input didapatkan dari *supervisory controller*. Blok *vehicle* menerima input dari *velocity control* yang mengartikan kecepatan dimanapun kereta bergerak. Keluarannya berupa torsi yang dibutuhkan untuk menopang kecepatan. Motor listrik menerima input dari blok *vehicle* yang berhubungan dengan torsi yang dibutuhkan oleh motor. Sedangkan baterai menerima input dari daya motor yang diperlukan dan diteruskan menjadi daya yang dibutuhkan.



Gambar 2.17 Block Diagram dari Seluruh Sistem (Maria Beatriz Namorado Stoffel Feria, 2012)

Model terdiri dari blok *vehicle*, *electric motor*, *simple transmission* dan *battery*. Untuk mendefinisikan *driving cycle* pada kendaraan, blok lain ditambahkan pada model. Tujuan dibuatnya blok ini untuk mendefinisikan setiap *step time*, kecepatan dan percepatan pada kendaraan.



Gambar 2.18 Pemodelan Menggunakan Simulink (*Maria Beatriz Namorado Stoffel Feria, 2012*)

Penelitian lain yang dilakukan oleh (*Ersoz Ethem, 2006*) menyatakan bahwa desain *aerodynamic* pada kendaraan bertenaga surya menentukan strategi *race* yang akan dilakukan, oleh sebab itu dilakukan pemodelan pada kendaraan bertenaga surya untuk mendapatkan efisiensi energi yang nantinya akan menentukan optimalisasi strategi. Kemudian pada penelitian (*Team Apollo, 2011*) membuat pemodelan dan simulasi menggunakan Simulink MATLAB dan mendapatkan hasil untuk memodifikasi banyak dalam perancangan dan pembuatan kendaraan bertenaga surya mereka.

Pada penelitian ini, Simulink *case* dijelaskan dan dikerjakan untuk mengetahui unjuk kerja. Di Simulink dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai macam situasi. Simulasi pada penelitian ini mengenai simulasi perlombaan itu sendiri. Simulasi ini mengenai kendaraan bertenaga surya yang dijalankan sampai akhir dari lintasan. Untuk kendaraan bertenaga surya dimodelkan seperti gambar diatas.

Untuk bentuk penelitian lain yang dilakukan oleh (*Stefan Moring and Anthon Pols, 2012*) pemodelan dan simulasi *Maximum Power Point Tracking* pada kendaraan bertenaga surya Nuon Solar Team. Menurut (*Erkam Atmaca, 2012*) pemodelan dan simulasi kendaraan bertenaga surya untuk mendapatkan strategi *race* yang optimal di dalam sirkuit yang sudah ditentukan dan untuk mendapatkan *racing line* sirkuit sehingga dapat mengoptimalkan energi yang dikonsumsi kendaraan.

Dari berbagai banyak penelitian mengenai pemodelan dan simulasi kendaraan khususnya kendaraan bertenaga surya terdapat berbagai macam perbedaan antara penelitian satu dan penelitian

yang lainnya. Namun pada dasarnya pemodelan dan simulasi digunakan untuk mengetahui performa suatu benda sebelum benda tersebut akan dibuat.

Adapun tujuan dari pemodelan secara umum (*Pedgen et al, 2005*) antara lain :

1. Memahami bagaimana sebuah sistem beroperasi.
2. Mengembangkan suatu kebijakan operasi atau sumber daya untuk meningkatkan performansi sistem.
3. Menguji konsep baru sebelum diimplementasikan secara nyata ke dalam sistem aktual.
4. Mendapatkan informasi tanpa perlu mengganggu sistem aktual.

Di dalam kehidupan sehari – hari pun dapat diterapkan pendekatan dengan metode pemodelan, antara lain (*Law, 1991*) :

1. Perencanaan dan analisis sistem manufaktur.
2. Perencanaan dan pengoperasian fasilitas transportasi seperti bandara atau pelabuhan.
3. Perencanaan sistem kendaraan bermotor.
4. Dan lain – lain.

2.3 Dasar Teori

2.3.1 Pemodelan Sapu Angin Surya Generasi Kedua

Sapu Angin Surya Generasi Kedua adalah kendaraan bertenaga surya yang akan dibuat oleh Tim ITS Solar Car 2015 yang akan diikuti dalam ajang WSC 2015. Namun mobil ini tidak jadi dibuat dikarenakan mobil ini didesain khusus untuk kelas *challenger* pada WSC 2015, mengingat kelas yang diikuti oleh tim untuk WSC 2015 adalah kelas *cruiser*.



Gambar 2.20 Desain Sapu Angin Surya Generasi Kedua (*Siti C. Nisa, 2014*)

Sapu Angin Surya Generasi Kedua ini sudah dimodelkan oleh Siti Choirun Nisa (2014) dengan beberapa parameter yang direncanakan untuk digunakan sebagai data pemodelan. Data mengenai Sapu Angin Surya Generasi Kedua didapatkan dari spesifikasi yang ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Mobil Sapu Angin Surya Generasi Kedua (*Siti C. Nisa, 2014*)

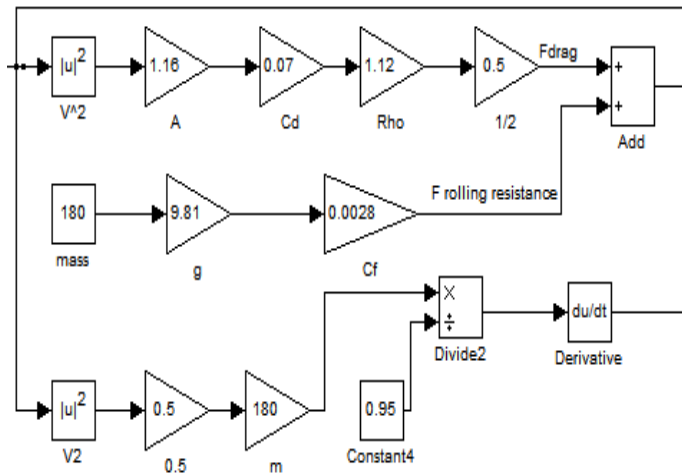
<i>Frontal Area Of Car</i>	1,16 m ²
<i>Percent Grade</i>	0 %
<i>Total Mass</i>	180 kg
<i>Drivetrain efficiency</i>	95 %
<i>Tire rolling resistance coefficient</i>	0,0027
<i>Brake and Steering Resistance</i>	0,0001
<i>Drag Coefficient</i>	0,07
<i>Air Density</i>	1,22 kg/m ³
<i>Wheel Radius</i>	0,4064 m
<i>Final Drive Ratio</i>	1
<i>Fixed gear ratio</i>	1
<i>Overall Gear Ratio</i>	1
<i>Solar Cell Efficiency</i>	22,5 %

2.3.1.1 Perhitungan Gaya Traksi

Gaya resistansi atau gaya traksi yang terjadi pada kendaraan dapat dituliskan pada persamaan :

$$F_{traksi} = F_{drag} + F_{rr} + F_{grade} + F_{inertia} \quad \dots(2.1)$$

$$F_{resistansi} = \frac{1}{2} \rho C_d A V(t)^2 + mg \sin \theta + mg C_f \cos \theta + m a(t) \quad \dots(2.2)$$



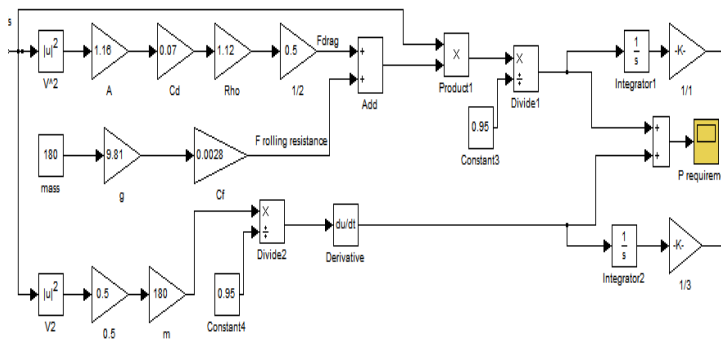
Gambar 2.21 Pemodelan gaya traksi kendaraan menggunakan software MATLAB/Simulink (Siti C. Nisa, 2014)

Pada pemodelan ini jalan dianggap lurus dan tidak ada gradient tanjakan, maka nilai dari F_{grade} sama dengan nol. Pada persamaan diatas nilai dari F_{drag} dan $F_{inertia}$ merupakan fungsi dari kecepatan kendaraan, maka nilai dari F_{drag} dan $F_{inertia}$ akan berubah berdasarkan nilai dari *driving cycle*. Pada nilai $F_{inertia}$ besar nilai percepatan kendaraan adalah turunan pertama dari *driving cycle*.

2.3.1.2 Perhitungan Daya Traksi

Daya resistansi atau daya traksi yang terjadi pada kendaraan dapat dituliskan pada persamaan :

$$P_{traksi} = (F_{drag} + F_{rr} + F_{grade} + F_{inertia}) v \quad \dots(2.3)$$



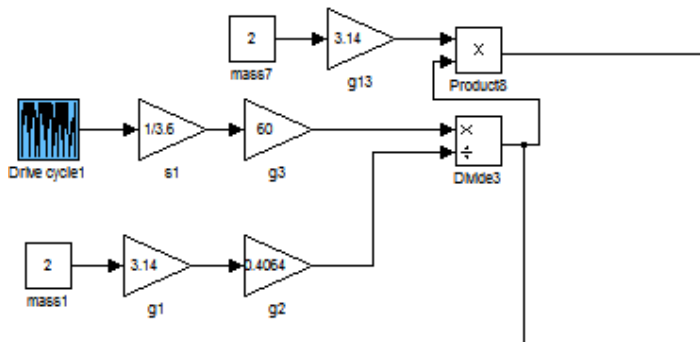
Gambar 2.22 Pemodelan daya traksi kendaraan menggunakan software MATLAB/Simulink (Siti C. Nisa, 2014)

2.3.1.3 Perhitungan Torsi

Perhitungan torsi kendaraan didapatkan dari perhitungan sebagai berikut :

$$T = P \times 60 / 2\pi \omega \quad \dots(2.4)$$

2.3.1.4 Perhitungan RPM

$$RPM = v/2\mu r \quad \dots(2.5)$$


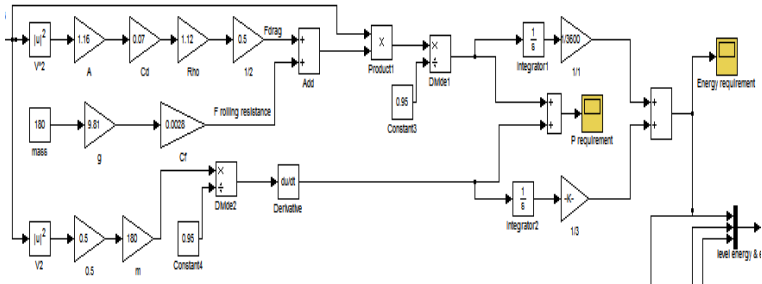
Gambar 2.24 Pemodelan RPM kendaraan menggunakan *software* MATLAB/Simulink (Siti C. Nisa, 2014)

2.3.1.5 Perhitungan Energi yang Dibutuhkan

Perhitungan energi yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{\text{requirement}} = P_{\text{to maintain speed}} + P_{\text{to accelerate speed}} \quad \dots(2.6)$$

$$E_{\text{requirement}} = E_{\text{maintain speed}} + E_{\text{accelerate speed}} \quad \dots(2.7)$$

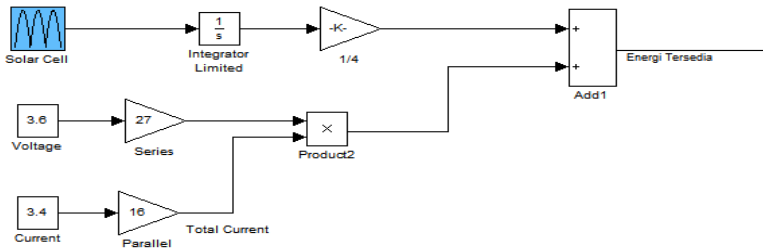


Gambar 2.25 Pemodelan energi yang dibutuhkan oleh sapu angin surya generasi kedua menggunakan *software* MATLAB/Simulink (Siti C. Nisa, 2014)

2.3.1.6 Perhitungan Energi yang Tersedia

Energi yang tersedia berasal dari dua sumber yakni sel surya dan baterai. Masing-masing memiliki persamaan dalam mencari total energi yang tersedia. Perhitungan energi yang tersedia dapat dihitung melalui persamaan :

$$E_{\text{tersedia}} = E_{\text{sel surya}} + E_{\text{baterai}} \quad \dots(2.8)$$

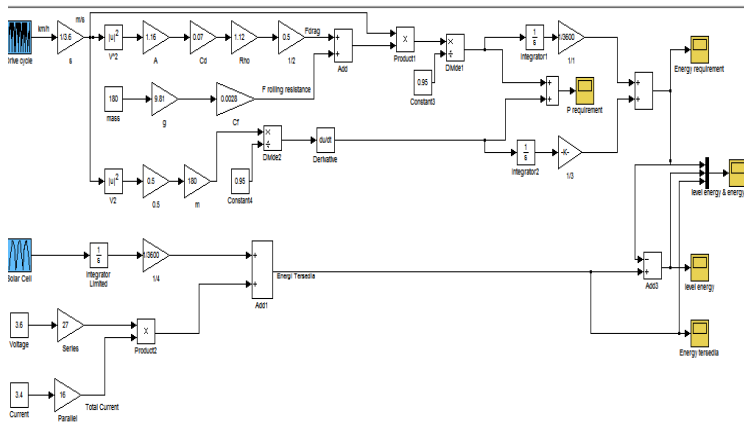


Gambar 2.26 Pemodelan energi yang tersedia mobil sapu angin surya menggunakan *software* MATLAB/Simulink (Siti C. Nisa, 2014)

2.3.1.7 Perhitungan Energi yang Tersisa

Perhitungan energi yang tersisa merupakan operasi pengurangan energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Perhitungan tersebut ditunjukkan pada persamaan :

$$E_{\text{tersisa}} = E_{\text{tersedia}} - E_{\text{requirement}} \quad \dots(2.9)$$



Gambar 2.27 Pemodelan energi yang tersisa menggunakan *software* MATLAB/Simulink (Siti C. Nisa, 2014)

2.3.1.8 Perhitungan Daya yang Dihasilkan oleh Sel Surya

Perhitungan dari radiasi sel surya di setiap tempat dan setiap waktu dapat diketahui untuk mengestimasi energi surya yang dapat diserap selama perlombaan (Siti C. Nisa, 2014). Parameter utama dalam perhitungan energi surya, antara lain :

- Tanggal (month M, day D)
- Waktu setempat (Hour Hr, Menit Mn)
- Zona waktu (Tz in hours, East/West or Greenwich)
- Latitude (ϕ) : lokasi angular di sebelah utara atau selatan garis khatulistiwa; $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$
- Longitude (Lng degrees, East or West)

Perhitungan energi surya diasumsikan pada kondisi yang cerah dan terang, dan tidak dipengaruhi oleh cuaca sebenarnya. Algoritma perhitungan prosesnya sebagai berikut :

- 1) Pertama adalah menghitung the day of the year N
Define $B = (N-1)360/365$... (2.10)
dimana N adalah hari ke dalam satu tahun
- 2) Menemukan standard meridian
 $L_{st} = (\text{Perbedaan waktu dalam jam } T_z) * 15$... (2.11)
jika timur $L_{st} = 360 - L_{st}$... (2.12)
- 3) Menghitung waktu lokal
 $T_s = \text{Waktu standard} + 4(L_{st} - \text{Longitude}) + E$... (2.13)
 $E = 229.2 (0.000075 + 0.001868 \cos(B) - 0.032077 \sin(B) + 0.01461 \cos(2B) - 0.04089 \sin(2B))$... (2.14)
- 4) Menghitung G_D : Sudut jam (waktu matahari dalam sudut, terhitung 15 derajat setiap jam terhitung dari jam 12 siang, pagi negatif)
 $G_D = \text{jika a.m } \{(12:00 - T_s) * 15 \text{ per jam}\}$ kemudian $\{T_s * 15 \text{ per jam}\}$... (2.15)
- 5) Menghitung sudut deklinasi matahari
 $\delta = 23.45 \sin(360((284+N)/365))$... (2.16)
- 6) Energi bangkitan matahari $G_{so} = 1367 \text{ watt/m}^2$
Jadi energi yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dapat dihitung

$$G_{s1} = G_{so}(1 + 0.33 \cdot \cos(360N/365)) \quad \dots(2.17)$$

Rata-rata energi surya setiap hari

$$H_d = (24 \cdot 3600 / \pi) \cdot G_{s1} (\cos(\phi) \cos(\delta) \sin(G_s) + (\pi \cdot G_s / 180) \sin(\phi) \sin(\delta)) \quad \dots(2.18)$$

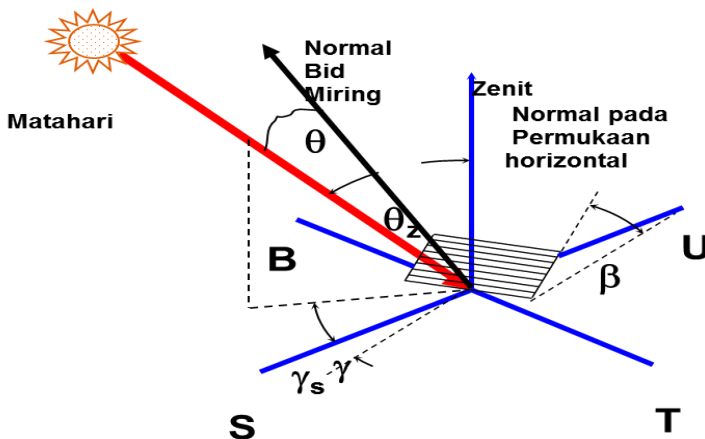
Dimana G_s adalah sudut jam matahari terbenam alam derajat

$$\cos(G_s) = -\tan(\phi) \tan(\delta) \quad \dots(2.19)$$

Energi bangkitan sel surya

$$I_A = (24 \cdot 3600 / \pi) G_{s1} (\cos(\phi) \cos(\delta) (\sin(G_2) - \sin(G_1)) + (\pi(G_2 - G_1) / 180) \sin(\phi) \sin(\delta)) \quad \dots(2.20)$$

$$E(t_2, I_1) = \eta_s A_2 I_k \quad \dots(2.21)$$



Gambar 2.28 Sudut yang ditimbulkan sinar matahari (Siti C. Nisa, 2014)

Keterangan :

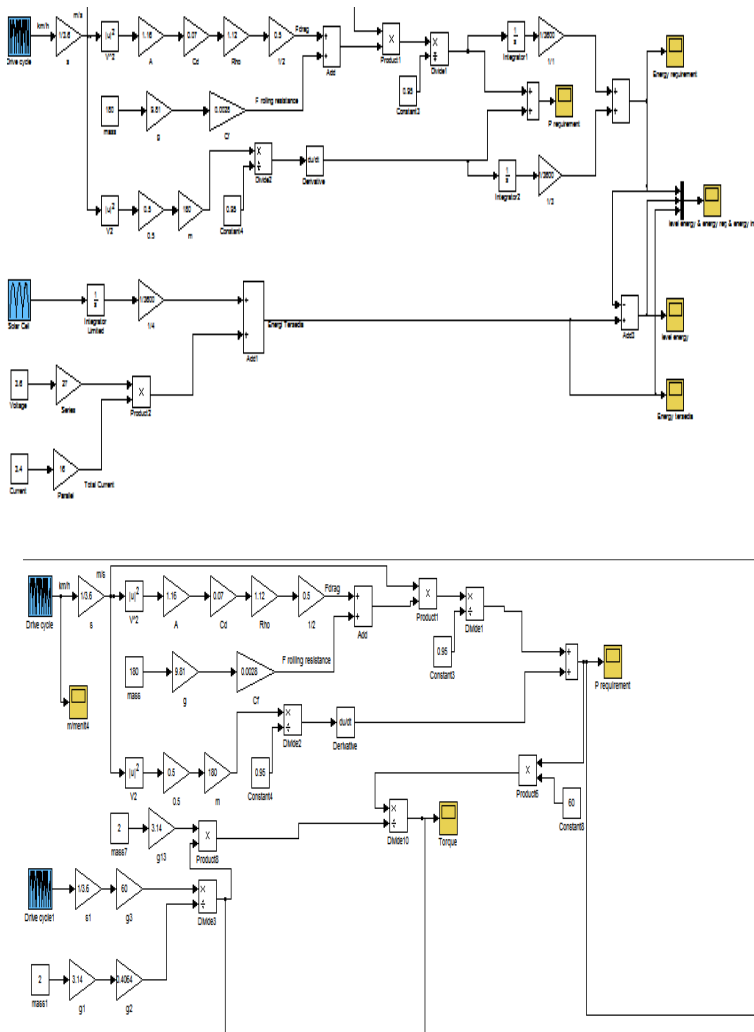
- ϕ : sudut lintang, sudut lokasi suatu tempat di muka bumi terhadap ekuator (arah utara positif)
- δ : sudut deklinasi matahari terhadap garis zenith di ekuator pada saat pukul 12:00 waktu matahari.

- β : sudut kemiringan antara bidang yang dimaksud dengan bidang horisontal.
- γ : sudut azimuth permukaan, yaitu sudut antara proyeksi permukaan pada bidang horisontal dengan meridian (titik nol di selatan, negatif ke arah timur dan positif ke arah barat)
- θ : sudut datang berkas sinar, yaitu sudut yang dibentuk oleh radiasi langsung dan garis normal bidang/permukaan.
- θ_z : sudut zenith, yaitu sudut antara radiasi langsung matahari dengan garis normal bidang horisontal.
- α : sudut ketinggian matahari, yaitu sudut antara radiasi langsung matahari dengan sudut horisontal.
- ω : sudut jam, berharga nol tepat pada pukul 12:00. K arah pagi bertanda positif (AM) dan ke arah petang bertanda negatif (PM). Setiap jam setara dengan 15° .

Sehingga daya yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihitung setiap harinya dengan menggunakan bantuan *Software* Microsoft Office Excel.

2.3.1.9 Pemodelan Mobil Sapu Angin Surya Menggunakan MATLAB/Simulink

Pemodelan Mobil Sapu Angin Surya generasi kedua dapat dimodelkan menggunakan software MATLAB/Simulink sesuai dengan Gambar 2.29. Dari hasil pemodelan dapat diketahui gaya traksi kendaraan, daya yang dibutuhkan, torsi yang dibutuhkan, rpm yang dibutuhkan, energi yang dibutuhkan, energi yang tersisa, dan energi yang tersedia.



Gambar 2.29 Pemodelan mobil sapu angin surya generasi kedua menggunakan *software* MATLAB/Simulink (Siti C. Nisa, 2014)

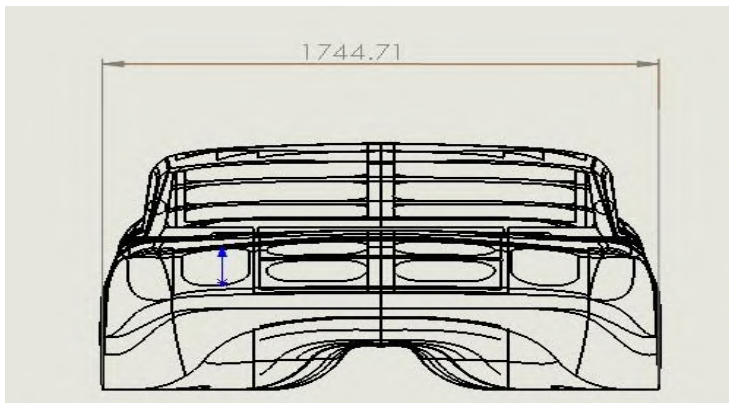
Menurut (Siti C. Nisa, 2014) dari pemodelan mobil sapu angi surya berdasarkan driving cycle yang sudah ditentukan dan energi yang tersedia dapat dianalisa kebutuhan energi yang diperlukan, waktu tempuh, jarak tempuh, dan racing strategy setiap harinya. Sehingga dapat ditarik kesimpulan berdasarkan analisa yang sudah dilakukan terkait konsumsi energi per hari yang dibutuhkan oleh mobil sapu angin surya generasi kedua pada perlombaan World Solar Challenge.

2.3.2 Widya Wahana V

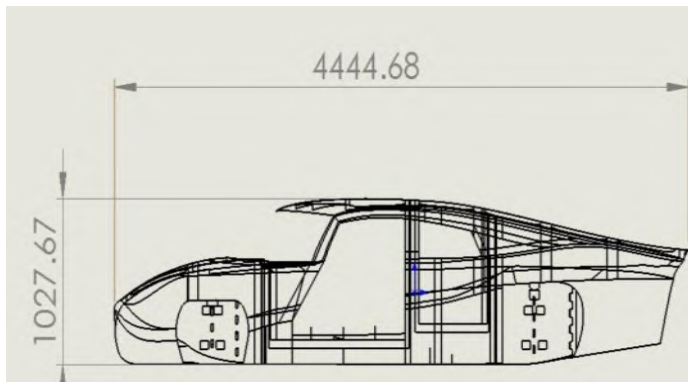
Widya Wahana V adalah mobil tenaga surya yang merupakan jenis kendaraan listrik yang menggunakan tenaga matahari sebagai sumber energinya. Sama dengan mobil Sapu Angin Surya, hanya saja kelas yang diikuti Widya Wahana V pada ajang WSC berbeda dengan mobil Sapu Angin Surya sebelumnya. Sapu Angin Surya pada WSC 2013 dan Sapu Angin Surya generasi kedua yang telah dimodelkan (*Siti C. Nisa, 2004*) masuk kelas *challenger*. Sedangkan Widya Wahana V masuk dalam kelas *cruiser*, yaitu mobil surya dengan dua penumpang (minimal) dan harus bisa dipakai untuk kegiatan sehari-hari. Prinsip kerja dari mobil yang mengikuti kelas *challenger* maupun *cruiser* adalah sama, namun perbedaan akan terlihat pada desain kendaraan dimana masing-masing kelas memiliki regulasi yang berbeda dari panitia.

Desain Widya Wahana V disesuaikan dengan standar dimensi yang ditentukan oleh panitia *World Solar Challenge 2015*. Dalam regulasi teknis *World Solar Challenge 2015* dimensi kendaraan untuk kelas *cruiser* yaitu, panjang kendaraan tidak lebih dari 4500 mm, lebar kendaraan tidak lebih dari 1800 mm dan tinggi kendaraan tidak lebih dari 2200 mm dari permukaan tanah. Widya Wahana V terdiri dari 3 bagian, *body* atas, *body* bawah dan *chassis*. Dimensi Widya Wahana V memiliki panjang 4444,68 mm, lebar 1744,71 mm dan tinggi 1027,67 mm.

Body Widya Wahana V didesain dengan pola *NACA Duct*, agar diperoleh aerodinamika yang memiliki *drag force* yang kecil. Sedangkan *chassis* Widya Wahana V menggunakan jenis *ladder*, dimana pembebanan utama diterima oleh *chassis ladder* dan bagian *body* hanya digunakan sebagai kulit luar dan sedikit membantu menopang beban pada *body* bagian bawah.



Gambar 2.30 Dimensi lebar Widya Wahana V



Gambar 2.31 Dimensi panjang dan tinggi Widya Wahana V

Widya Wahana V juga telah menggunakan sistem monitoring, sehingga *driver* dapat memonitor kondisi baterai (*voltage*, *ampere* dan temperatur). Selain itu informasi umum seperti kecepatan kendaraan juga dapat diketahui. Selain sistem monitoring pada bagian *inner vehicle*, informasi ini juga dapat diakses oleh anggota tim yang berada pada mobil *escort* yang selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan strategi lomba.

Adapun analisa yang akan dilakukan terhadap mobil Widya Wahana V adalah sebagai berikut :

1. Konsumsi energi berdasarkan data-data *real time* selama mobil berjalan pada perlombaan *World Solar Challenge* 2015.
2. Konsumsi energi berdasarkan optimasi Widya Wahana V dengan penentuan *drive cycle* berdasarkan jarak terjauh dan waktu buka tutup *control stop* serta perhitungan *power solar array* secara maksimal.
3. Konsumsi energi berdasarkan desain baru Widya Wahana VI dengan penentuan *drive cycle* berdasarkan jarak terjauh dan waktu buka tutup *control stop* serta perhitungan *power solar array* secara maksimal.
4. Perbandingan konsumsi energi berdasarkan hasil optimasi Widya Wahana V dengan desain baru Widya Wahana VI.

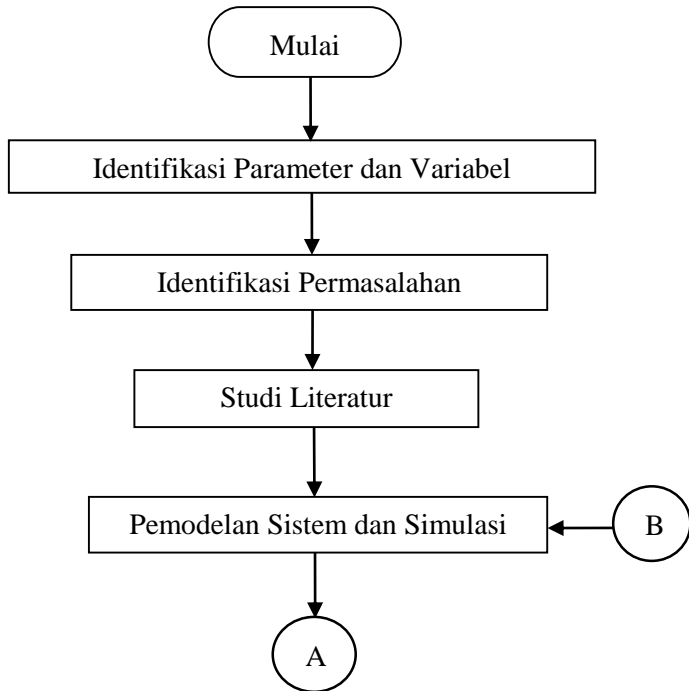
5. Evaluasi dan strategi untuk mempersiapkan mobil Widya Wahana VI pada perlombaan *World Solar Challenge* 2017.

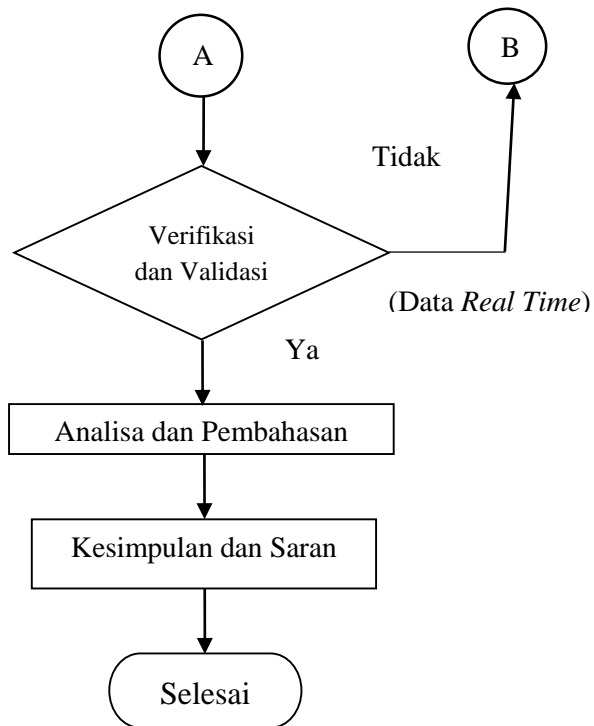
BAB III

METODOLOGI

3.1 Metodologi Penelitian

Sebagai suatu proses yang terstruktur, dalam pelaksanaannya pemodelan dan simulasi ini dilakukan dengan langkah-langkah sistematis. Langkah-langkah tersebut dinyatakan dalam diagram alir sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Pemodelan dan Simulasi Mobil Widya Wahana V

Metodologi penelitian pada tugas akhir ini secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Diawali dengan identifikasi parameter dan variabel yang dilakukan untuk mengetahui data kendaraan Widya Wahana V. Kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada pada tugas akhir ini. Setelah itu dilanjutkan dengan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk menjawab permasalahan-permasalahan yang ada. Kemudian dilakukan studi literatur mengenai permasalahan-permasalahan yang dihadapi. Setelah

mendapatkan studi literatur yang sesuai dengan permasalahan, maka dilakukan pemodelan dan simulasi menggunakan *Software* MATLAB/Simulink untuk mendapatkan konsumsi energi dari Widya Wahana V. Selanjutnya menganalisa hasil pemodelan dan simulasi yang nantinya digunakan sebagai acuan untuk Widya Wahana VI dalam perlombaan *World Solar Challenge* 2017.

3.2 Identifikasi Parameter dan Variabel

Identifikasi parameter dan variabel dilakukan untuk mengetahui data kendaraan Widya Wahana V. Mulai dari spesifikasi, *driving cycle* dan daya yang tersedia untuk mobil Widya Wahana V.

3.2.1 Spesifikasi Mobil Widya Wahana V

Adapun spesifikasi dari Widya Wahana V yang ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Mobil Widya Wahana V

<i>Frontal Area Of Car</i>	3,963 m ²
<i>Percent Grade</i>	0 %
<i>Total Mass</i>	306 kg
<i>Drivetrain efficiency</i>	95 %
<i>Tire rolling resistance coefficient</i>	0,0028
<i>Brake and Steering Resistance</i>	0,0001
<i>Drag Coefficient</i>	0,2
<i>Air Density</i>	1,22 kg/m ³
<i>Wheel Radius</i>	0,4064 m
<i>Final Drive Ratio</i>	1
<i>Fixed gear ratio</i>	1
<i>Overall Gear Ratio</i>	1
<i>Solar Cell Efficiency</i>	23 %
<i>Power</i>	2000 Watts (each motor)
<i>Battery Energy</i>	12,2 Wh



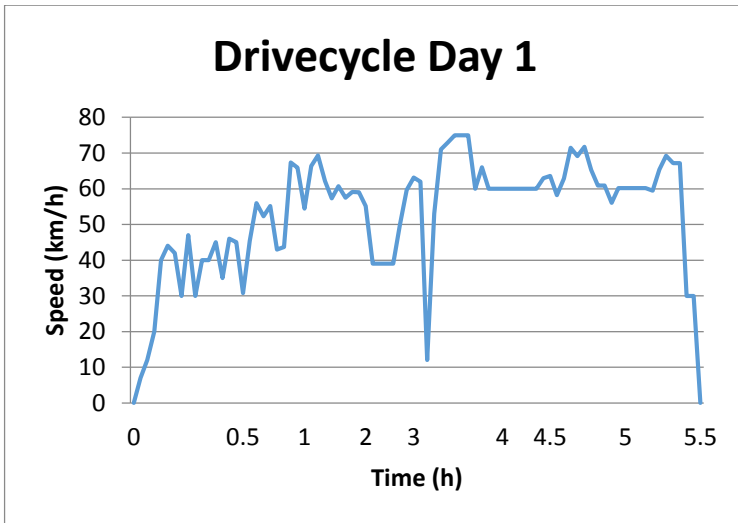
Gambar 3.2 Mobil Widya Wahana V

3.2.2 *Real Time Drivecycle*

Real Time Drivecycle didapatkan dari hasil monitoring Tim ITS *Solar Car* 2015 selama perlombaan di *World Solar Challenge* 2015 di Australia. Hal ini dimodelkan untuk verifikasi dan validasi dari hasil simulasi.

3.2.2.1 *Drivecycle Pada Hari Pertama*

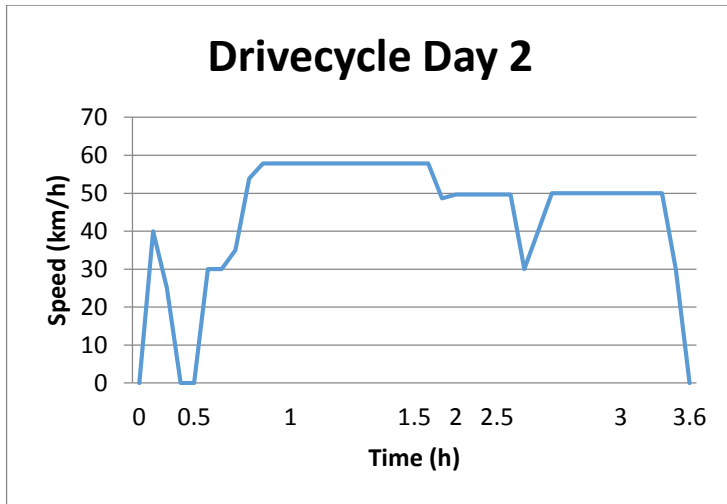
Driving cycle pada hari pertama ditunjukkan pada Grafik 3.1, rute yang ditempuh sejauh 316 km dari Darwin pada pukul 08.30 menuju KM 316 selama kurang lebih 19968 detik. *Control stop* Katherine tidak dapat tercapai dikarenakan tutup pada hari itu pukul 15:30 sedangkan mobil Widya Wahana V hanya mampu melaju sampai KM 316 pada pukul 17:00 dan tim bermalam di KM 316 di daerah Godinyamin Arts Centre.



Grafik 3.1 *Real drivecycle* pada hari pertama

3.2.2.2 *Drivecycle Pada Hari Kedua*

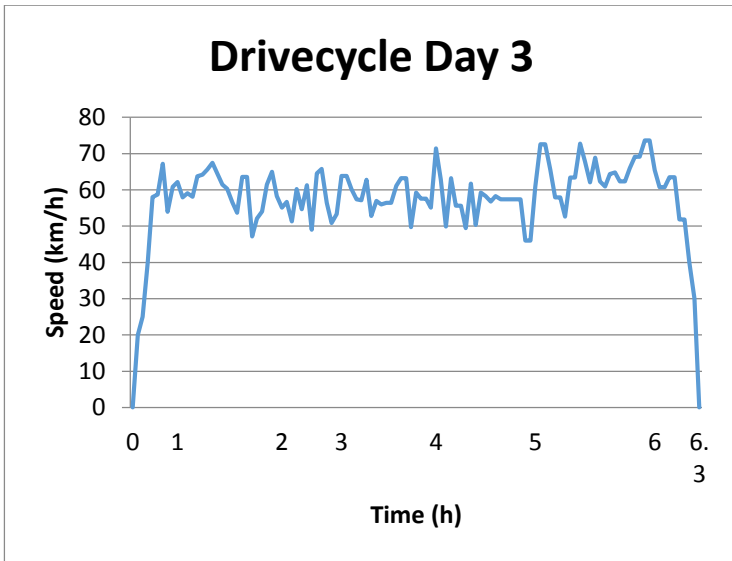
Driving cycle pada hari kedua ditunjukkan pada Grafik 3.2, rute yang ditempuh sejauh 143 km dari KM 316 pada pukul 08.00 menuju KM 465 selama kurang lebih 13025 detik. Mobil Widya Wahana V berhenti 30 menit di KM 322 untuk *check-in* di *control stop* Katherine. Setelah KM 465 mobil di *trailer* menuju *control stop* Dunmarra pada KM 633.



Grafik 3.2 *Real drivecycle* pada hari kedua

3.2.2.3 *Drivecycle Pada Hari Ketiga*

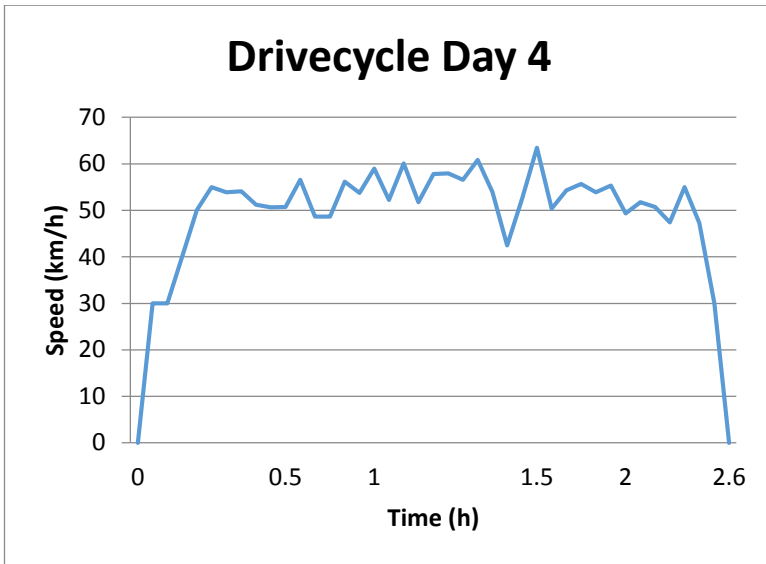
Driving cycle pada hari ketiga ditunjukkan pada Grafik 3.3, rute yang ditempuh sejauh 351 km dari Dunmarra pada pukul 08.00 menuju *control stop* Tennant Creek pada KM 988 selama kurang lebih 22620 detik. Setelah *check-in* di Tennant Creek selama 30 menit, mobil di *trailer* menuju *control stop* Barrow Creek pada KM 1211 dan di *trailer* lagi menuju Ti Tree Roadhouse pada KM 1300.



Grafik 3.3 *Real drivecycle* pada hari ketiga

3.2.2.4 *Drivecycle Pada Hari Keempat*

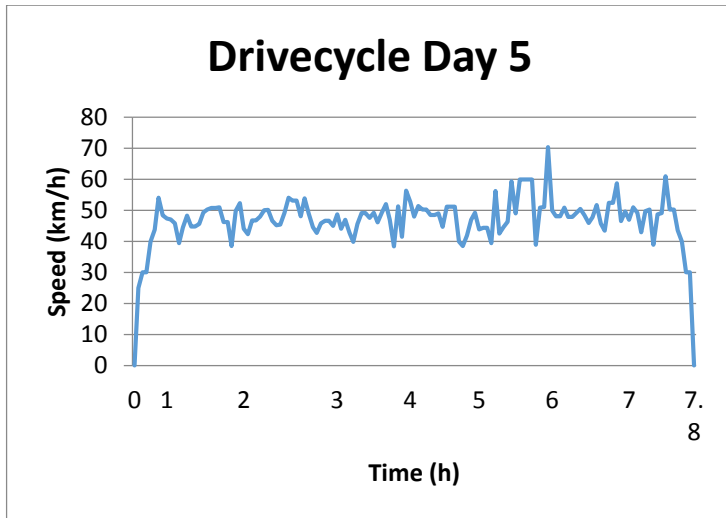
Driving cycle pada hari keempat ditunjukkan pada Grafik 3.4, rute yang ditempuh sejauh 196 km dari *Ti Tree Roadhouse* pada pukul 08.00 menuju KM 1436 selama kurang lebih 9476 detik. Setelah itu mobil di *trailer* menuju *control stop Alice Springs* pada KM 1496 dan di *trailer* lagi menuju *control stop Kulgera* pada KM 1756.



Grafik 3.4 *Real drivecycle* pada hari keempat

3.2.2.5 *Drivecycle Pada Hari Kelima*

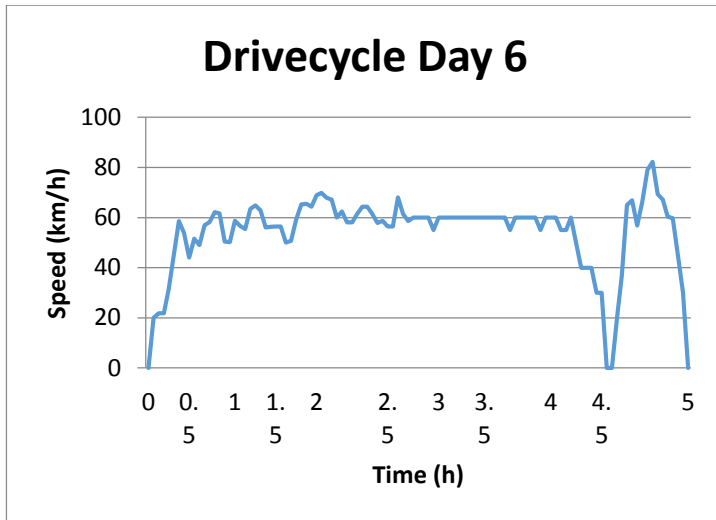
Driving cycle pada hari kelima ditunjukkan pada Grafik 3.5, rute yang ditempuh sejauh 327 km dari *control stop* Kulgera pada pukul 08.00 menuju KM 2115 selama kurang lebih 28053 detik. Setelah itu mobil di *trailer* menuju *control stop* Coober Pedy pada KM 2180 dan bermalam disana.



Grafik 3.5 *Real drivecycle* pada hari kelima

3.2.2.6 *Drivecycle Pada Hari Keenam*

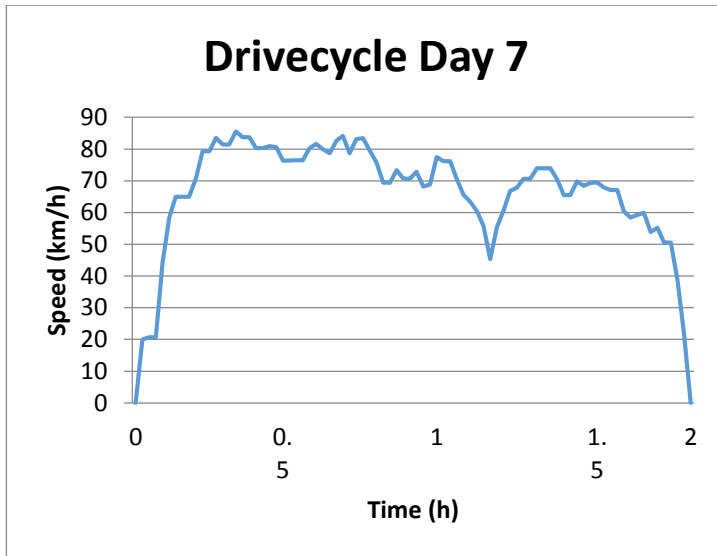
Driving cycle pada hari keenam ditunjukkan pada Grafik 3.6, rute yang ditempuh sejauh 280 km dari *control stop* Coober Pedy pada pukul 08.00 menuju KM 2461 selama kurang lebih 18371 detik. Mobil berhenti 30 menit di KM 2432 untuk *check-in* di *control stop* Glendambo. Setelah KM 2461 mobil di trailer menuju *control stop* Port Augusta pada KM 2719.



Grafik 3.6 *Real drivecycle* pada hari keenam

3.2.2.7 *Drivecycle Pada Hari Ketujuh*

Driving cycle pada hari ketujuh ditunjukkan pada Grafik 3.6, rute yang ditempuh sejauh 125 km dari *control stop* Port Augusta pada pukul 08.30 dikarenakan harus *check-in* selama 30 menit dan menuju KM 2845 selama kurang lebih 7116 detik. Mobil Widya Wahana V hanya dapat berjalan sampai pukul 11:00 dikarenakan peraturan lomba pada hari terakhir. Setelah KM 2845 mobil di *trailer* menuju Victoria Square, Adelaide pada KM 3022.



Grafik 3.7 *Real drivecycle* pada hari ketujuh

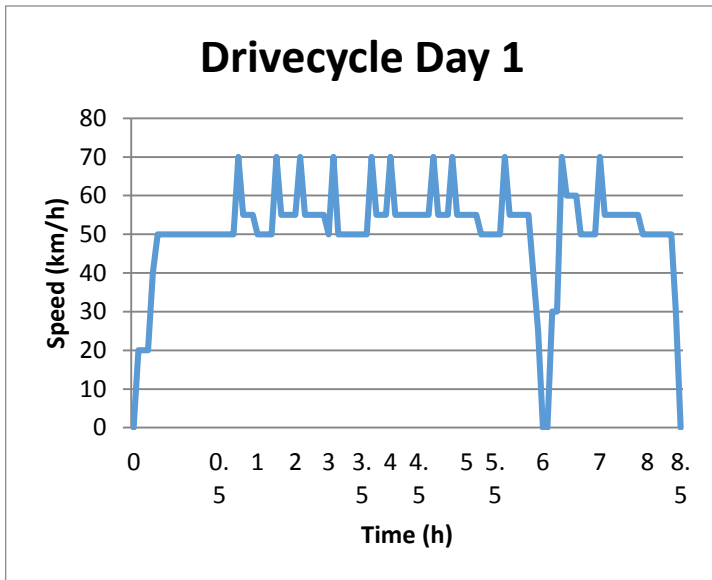
3.2.3 *Drivecycle Berdasarkan Optimasi Widya Wahana V*

Drivecycle didapatkan dari perhitungan jarak tempuh terjauh dengan memperhatikan waktu buka tutup *control stop* dengan menggunakan iterasi dengan tujuan Widya Wahana V dapat mencapai garis *finish* tanpa menggunakan bantuan *trailer*. Hal ini dimodelkan sebagai pembandingan dengan hasil desain baru Widya Wahana VI dan untuk menentukan strategi pada *World Solar Challenge 2017*.

3.2.3.1 *Drivecycle Pada Hari Pertama*

Driving cycle pada hari pertama ditunjukkan pada Grafik 3.8, rute yang ditempuh sejauh 428 km dari Darwin menuju KM 428 selama kurang lebih 30569 detik. Pada hari pertama terdapat satu *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* berhasil dicapai pada detik ke 21569 yaitu sekitar pukul 14:30, sedangkan waktu

buka *control stop* yaitu pukul 11:00 dan waktu tutupnya pukul 15:30 sehingga *control stop* Katherine berhasil didapatkan. Hari pertama waktu lomba diakhiri pukul 17:00 yaitu pada KM 428 dan bermalam di daerah Mataranka.

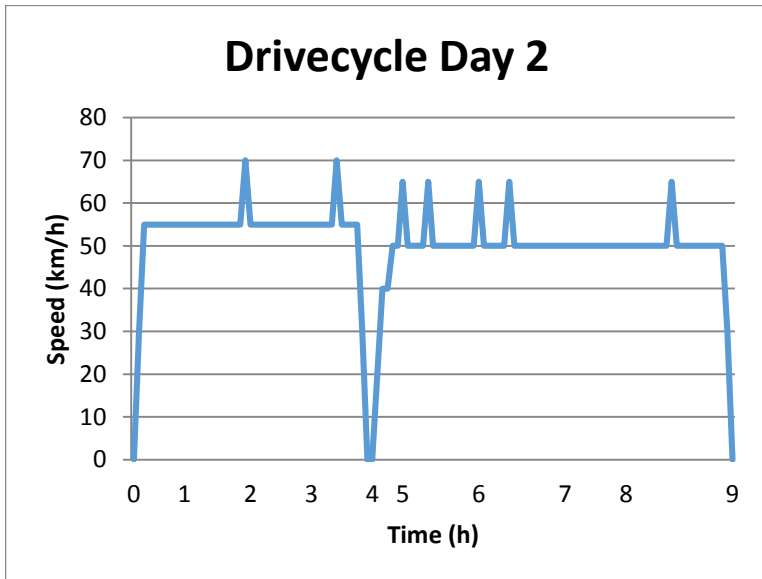


Grafik 3.8 *Drivecycle* optimasi pada hari pertama

3.2.3.2 *Drivecycle Pada Hari Kedua*

Driving cycle pada hari kedua ditunjukkan pada Grafik 3.9, rute yang ditempuh sejauh 455 km dari KM 428 menuju KM 883 selama kurang lebih 32315 detik. Pada hari kedua terdapat satu *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* berhasil dicapai pada detik ke 13582 yaitu sekitar pukul 11:45, sedangkan waktu buka *control stop* yaitu pukul 14:00 hari pertama dan waktu tutupnya pukul 15:00 hari kedua sehingga *control stop* Dunmarra berhasil

didapatkan. Hari kedua waktu lomba diakhiri pukul 17:00 yaitu pada KM 883 dan bermalam di Kuerschner Creek.

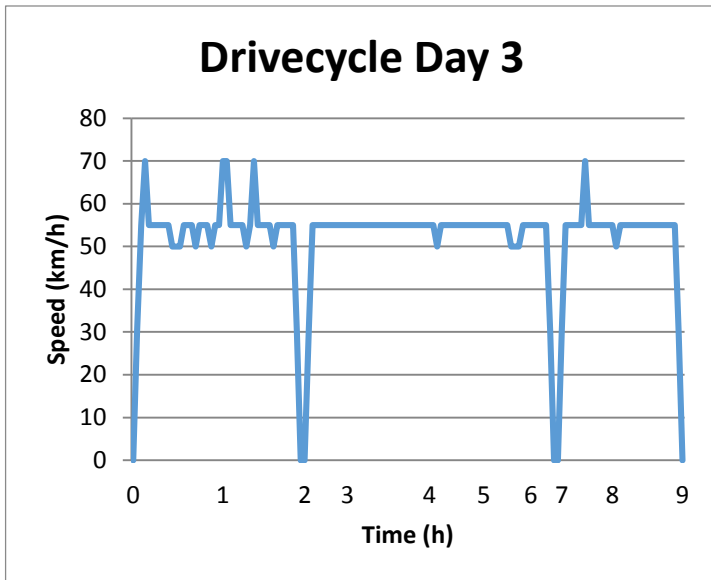


Grafik 3.9 *Drivecycle* optimasi pada hari kedua

3.2.3.3 *Drivecycle Pada Hari Ketiga*

Driving cycle pada hari ketiga ditunjukkan pada Grafik 3.10, rute yang ditempuh sejauh 426 km dari KM 883 menuju KM 1309 selama kurang lebih 31689 detik. Pada hari ketiga terdapat dua *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* pertama berhasil dicapai pada detik ke 6734 yaitu sekitar pukul 09:45, sedangkan waktu buka *control stop* pertama yaitu pukul 09:00 hari kedua dan waktu tutupnya pukul 14:00 hari ketiga sehingga *control stop* Tennant Creek berhasil didapatkan. *Control stop* kedua berhasil dicapai pada detik ke 23281 yaitu sekitar pukul 14:30, sedangkan waktu buka *control stop* kedua yaitu pukul 10:00 hari kedua dan

waktu tutupnya pukul 16:00 hari ketiga sehingga *control stop* Barrow Creek berhasil didapatkan. Hari ketiga waktu lomba diakhiri pukul 17:00 yaitu pada KM 1309 dan bermalam di Para Jutunta.

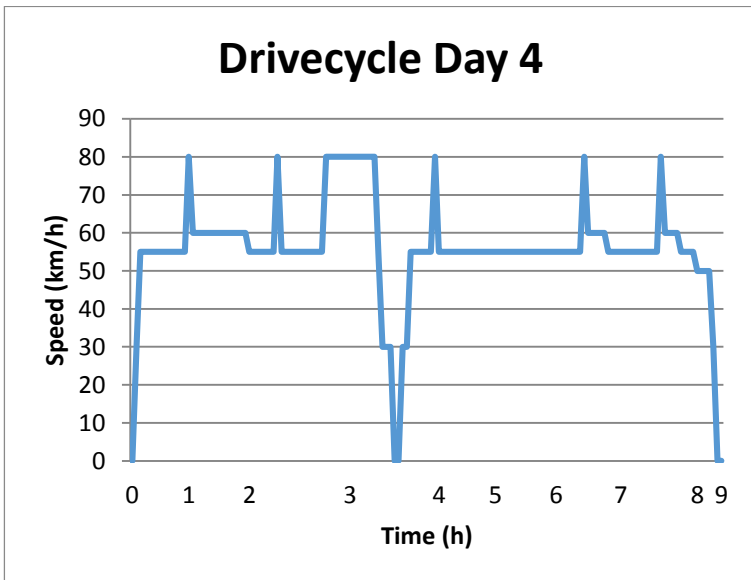


Grafik 3.10 *Drivecycle* optimasi pada hari ketiga

3.2.3.4 *Drivecycle Pada Hari Keempat*

Driving cycle pada hari keempat ditunjukkan pada Grafik 3.11, rute yang ditempuh sejauh 447 km dari KM 1309 menuju KM 1756 selama kurang lebih 30598 detik. Pada hari keempat terdapat dua *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* pertama berhasil dicapai pada detik ke 11720 yaitu sekitar pukul 11:15, sedangkan waktu buka *control stop* pertama yaitu pukul 08:00 hari ketiga dan waktu tutupnya pukul 14:00 hari keempat sehingga *control stop* Alice Springs berhasil didapatkan. *Control stop* kedua berhasil

dicapai pada detik ke 30598 yaitu sekitar pukul 16:30, sedangkan waktu buka *control stop* kedua yaitu pukul 08:30 hari ketiga dan waktu tutupnya pukul 09:30 hari kelima sehingga *control stop* Kulgera berhasil didapatkan. Hari keempat waktu lomba diakhiri pukul 16:30 yaitu pada *control stop* Kulgera KM 1756 dan bermalam di Kulgera.

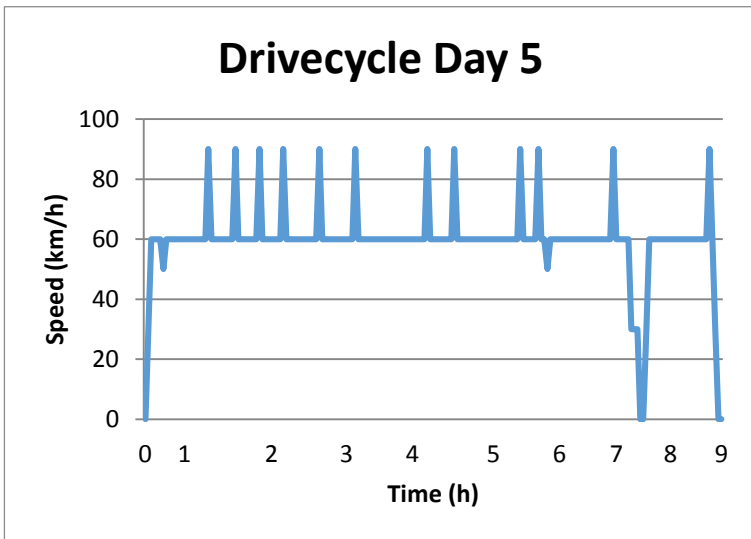


Grafik 3.11 *Drivecycle* optimasi pada hari keempat

3.2.3.5 *Drivecycle* Pada Hari Kelima

Driving cycle pada hari kelima ditunjukkan pada Grafik 3.12, rute yang ditempuh sejauh 504 km dari KM 1756 menuju KM 2260 selama kurang lebih 32676 detik. Pada hari kelima terdapat satu *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* berhasil dicapai

pada detik ke 25736 yaitu sekitar pukul 15:10, sedangkan waktu buka *control stop* yaitu pukul 13:00 hari ketiga dan waktu tutupnya pukul 11:20 hari keenam sehingga *control stop* Coober Pedy berhasil didapatkan. Hari kelima waktu lomba diakhiri pukul 17:00 yaitu pada KM 2260 dan bermalam di daerah Brumby Creek.

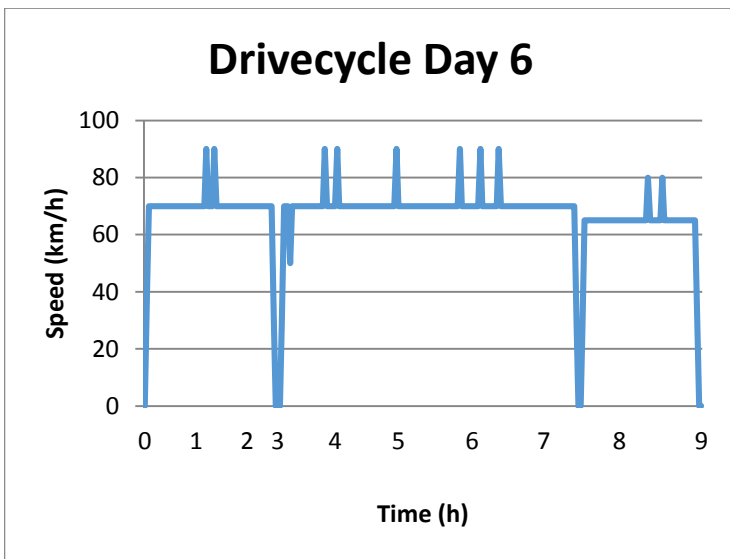


Grafik 3.12 *Drivecycle* optimasi pada hari kelima

3.2.3.6 *Drivecycle Pada Hari Keenam*

Driving cycle pada hari keenam ditunjukkan pada Grafik 3.13, rute yang ditempuh sejauh 550 km dari KM 2260 menuju KM 2810 selama kurang lebih 32354 detik. Pada hari keenam terdapat dua *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* pertama berhasil dicapai pada detik ke 9033 yaitu sekitar pukul 10:30, sedangkan waktu buka *control stop* pertama yaitu pukul 16:00 hari ketiga dan

waktu tutupnya pukul 14:00 hari keenam sehingga *control stop* Glendambo berhasil didapatkan. *Control stop* kedua berhasil dicapai pada detik ke 25583 yaitu sekitar pukul 15:10, sedangkan waktu buka *control stop* kedua yaitu pukul 10:00 hari keempat dan waktu tutupnya pukul 11:00 hari ketujuh sehingga *control stop* Port Augusta berhasil didapatkan. Hari keenam waktu lomba diakhiri pukul 17:00 yaitu pada KM 2810 dan bermalam di daerah KM 2810.

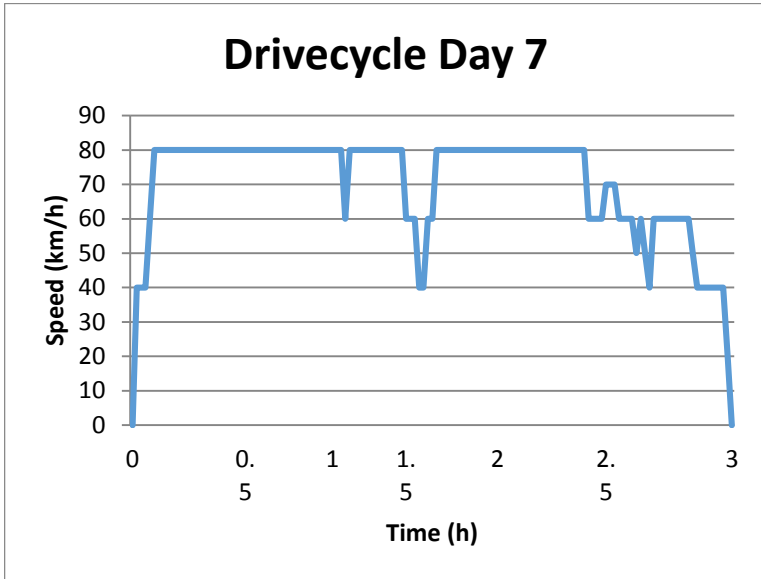


Grafik 3.13 *Drivecycle* optimasi pada hari keenam

3.2.3.7 *Drivecycle Pada Hari Ketujuh*

Driving cycle pada hari ketujuh ditunjukkan pada Grafik 3.14, rute yang ditempuh sejauh 212 km dari KM 2810 menuju Adelaide selama kurang lebih 10294 detik. Pada hari ketujuh tidak

terdapat *control stop* yang harus dilalui. Hari ketujuh berhasil mencapai garis *finish* di Adelaide pada pukul 10:50.



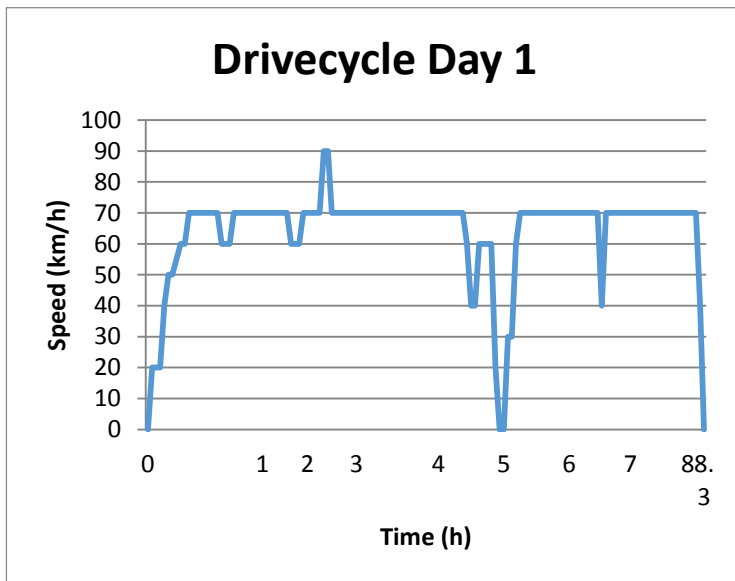
Grafik 3.14 *Drivecycle* optimasi pada hari ketujuh

3.2.4 *Drivecycle* Berdasarkan Desain Baru Widya Wahana VI

Drivecycle didapatkan dari perhitungan jarak tempuh terjauh dengan memperhatikan waktu buka tutup *control stop* dengan menggunakan iterasi dengan tujuan Widya Wahana VI dapat mencapai garis *finish* dengan target menjadi juara. Hal ini dimodelkan sebagai pembandingan dengan hasil optimasi Widya Wahana V dan untuk menentukan strategi pada *World Solar Challenge* 2017.

3.2.4.1 Drivecycle Pada Hari Pertama

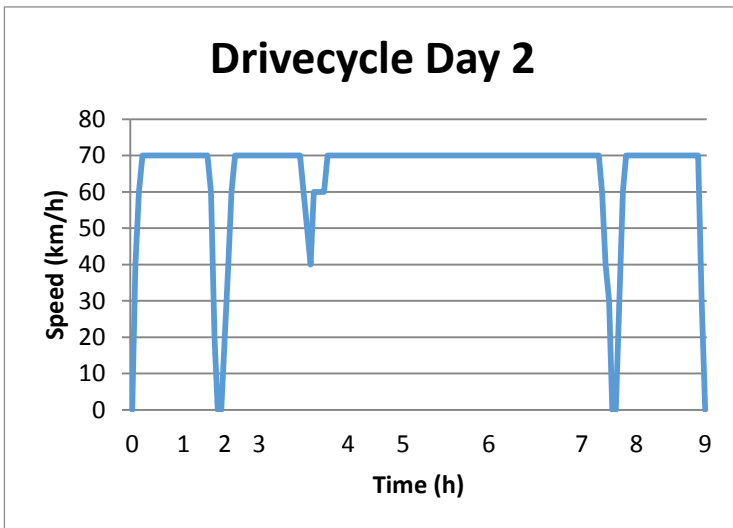
Driving cycle pada hari pertama ditunjukkan pada Grafik 3.15, rute yang ditempuh sejauh 532 km dari Darwin menuju KM 532 selama kurang lebih 29927 detik. Pada hari pertama terdapat satu *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* berhasil dicapai pada detik ke 17405 yaitu sekitar pukul 13:20, sedangkan waktu buka *control stop* yaitu pukul 11:00 dan waktu tutupnya pukul 15:30 sehingga *control stop* Katherine berhasil didapatkan. Hari pertama waktu lomba diakhiri pukul 17:00 yaitu pada KM 532 dan bermalam di Maryfield Station.



Grafik 3.15 *Drivecycle* Widya Wahana VI pada hari pertama

3.2.4.2 Drivecycle Pada Hari Kedua

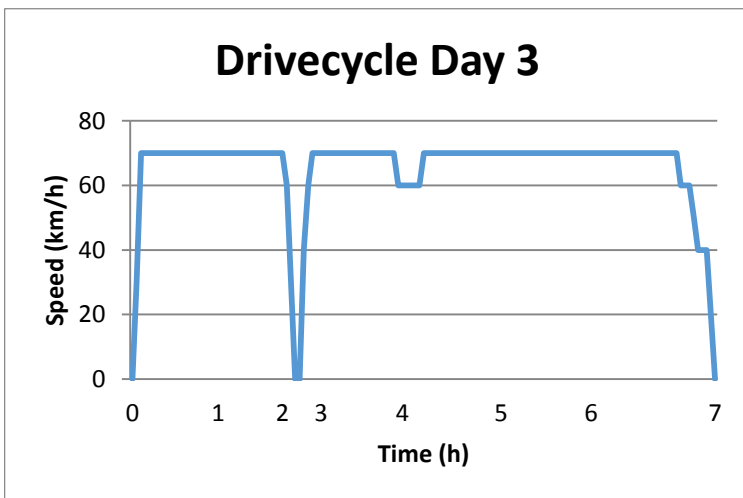
Driving cycle pada hari kedua ditunjukkan pada Grafik 3.16, rute yang ditempuh sejauh 531 km dari KM 532 menuju KM 1063 selama kurang lebih 31881 detik. Pada hari kedua terdapat dua *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* pertama berhasil dicapai pada detik ke 5383 yaitu sekitar pukul 09:30, sedangkan waktu buka *control stop* pertama yaitu pukul 14:00 hari pertama dan waktu tutupnya pukul 15:00 hari kedua sehingga *control stop* Dunmarra berhasil didapatkan. *Control stop* kedua berhasil dicapai pada detik ke 26052 yaitu sekitar pukul 15:15, sedangkan waktu buka *control stop* kedua yaitu pukul 09:00 dan waktu tutupnya pukul 14:00 hari ketiga sehingga *control stop* Tennant Creek berhasil didapatkan. Hari kedua waktu lomba diakhiri pukul 17:00 yaitu pada KM 1063 dan bermalam di Mungkarta.



Grafik 3.16 *Drivecycle* Widya Wahana VI pada hari kedua

3.2.4.3 Drivecycle Pada Hari Ketiga

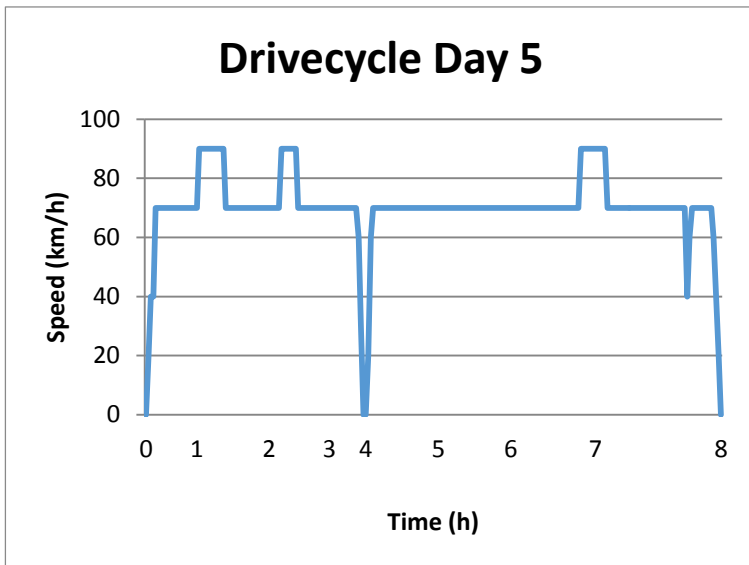
Driving cycle pada hari ketiga ditunjukkan pada Grafik 3.17, rute yang ditempuh sejauh 433 km dari KM 1063 menuju KM 1496 selama kurang lebih 24719 detik. Pada hari ketiga terdapat dua *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* pertama berhasil dicapai pada detik ke 7774 yaitu sekitar pukul 10:10, sedangkan waktu buka *control stop* pertama yaitu pukul 10:00 hari kedua dan waktu tutupnya pukul 16:00 sehingga *control stop* Barrow Creek berhasil didapatkan. *Control stop* kedua berhasil dicapai pada detik ke 24719 yaitu sekitar pukul 15:00, sedangkan waktu buka *control stop* kedua yaitu pukul 08:00 dan waktu tutupnya pukul 14:00 hari keempat sehingga *control stop* Alice Springs berhasil didapatkan. Hari ketiga waktu lomba diakhiri pukul 15:00 yaitu pada KM 1496 dan bermalam di Alice Springs. Hal ini dikarenakan terdapat acara pemberangkatan bersama di kelas cruiser pada hari keempat pada tim-tim yang sampai di Alice Springs pada hari ketiga.



Grafik 3.17 *Drivecycle* Widya Wahana VI pada hari ketiga

3.2.4.5 Drivecycle Pada Hari Kelima

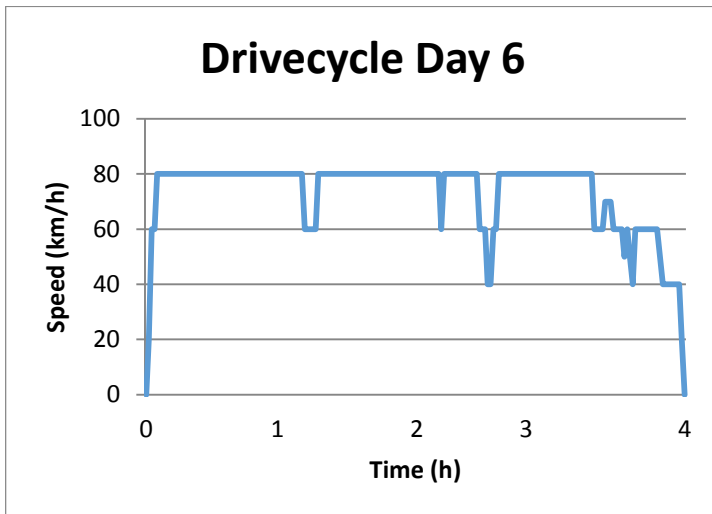
Driving cycle pada hari kelima ditunjukkan pada Grafik 3.19, rute yang ditempuh sejauh 539 km dari KM 2180 menuju KM 2719 selama kurang lebih 29039 detik. Pada hari kelima terdapat dua *control stop* yang harus dilalui. *Control stop* pertama berhasil dicapai pada detik ke 12616 yaitu sekitar pukul 12:00, sedangkan waktu buka *control stop* pertama yaitu pukul 16:00 hari ketiga dan waktu tutupnya pukul 14:00 hari keenam sehingga *control stop* Glendambo berhasil didapatkan. *Control stop* kedua berhasil dicapai pada detik ke 29039 yaitu sekitar pukul 16:30, sedangkan waktu buka *control stop* kedua yaitu pukul 10:00 hari keempat dan waktu tutupnya pukul 11:00 hari ketujuh sehingga *control stop* Port Augusta berhasil didapatkan. Hari kelima waktu lomba diakhiri pukul 16:30 yaitu pada KM 2719 dan bermalam di Port Augusta.



Grafik 3.19 *Drivecycle* Widya Wahana VI pada hari kelima

3.2.4.6 Drivecycle Pada Hari Keenam

Driving cycle pada hari keenam ditunjukkan pada Grafik 3.20, rute yang ditempuh sejauh 303 km dari Port Augusta menuju Adelaide selama kurang lebih 14479 detik. Pada hari keenam tidak terdapat *control stop* yang harus dilalui. Hari keenam berhasil mencapai garis *finish* di Adelaide pada pukul 12:00.



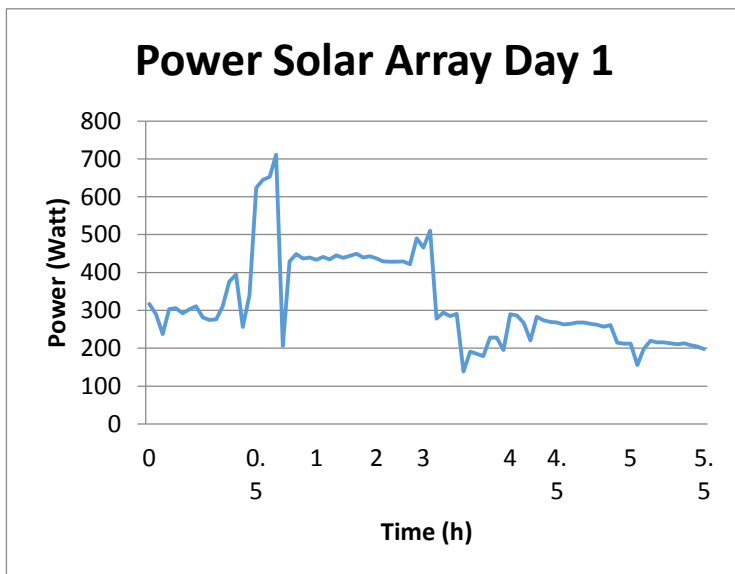
Grafik 3.20 *Drivecycle* Widya Wahana VI pada hari keenam

3.2.5 Real Time Power Solar Array

Real Time Power Solar Array didapatkan dari hasil monitoring Tim ITS Solar Car 2015 selama perlombaan di *World Solar Challenge* 2015 di Australia. Hal ini dimodelkan untuk verifikasi dan validasi dari hasil simulasi.

3.2.5.1 Power Solar Array Pada Hari Pertama

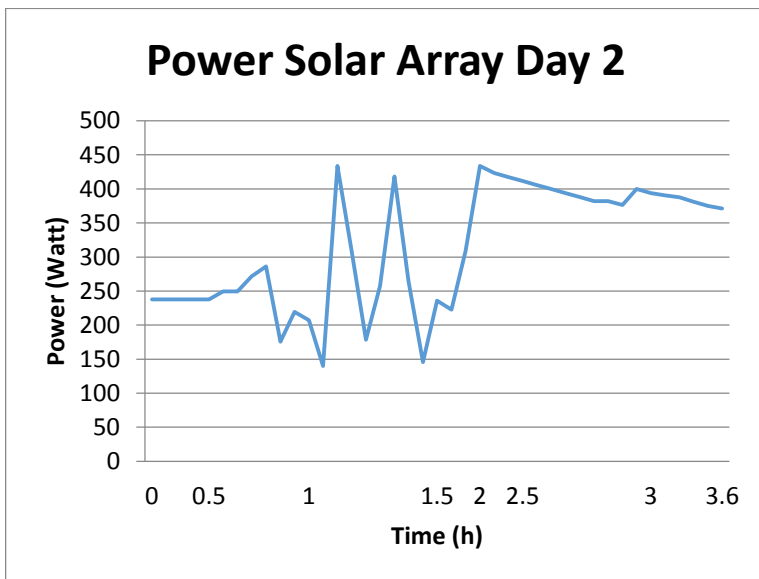
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari pertama ditunjukkan pada Grafik 3.21. Pendataan ini dimulai pukul 08:30 sampai pukul 17:00 selama mobil berjalan. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 10:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus dengan kondisi jalanan menanjak. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 710.7 Watt. Pada hari pertama total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 27126.53 Watt.



Grafik 3.21 *Real power solar array* pada hari pertama

3.2.5.2 Power Solar Array Pada Hari Kedua

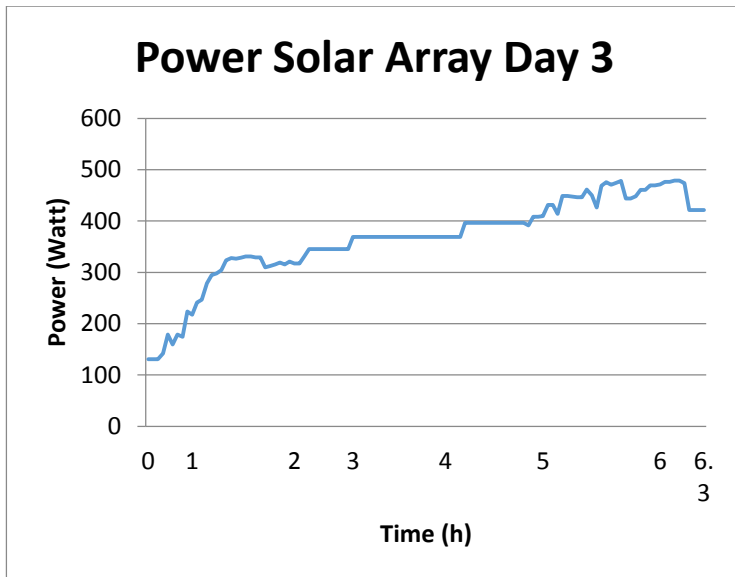
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kedua ditunjukkan pada Grafik 3.22. Pendataan ini dimulai pukul 08:30 sampai pukul 12:00 selama mobil berjalan. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 11:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik. Terdapat penurunan drastis di beberapa poin dikarenakan terhalangnya sinar matahari oleh pepohonan di pinggir jalan. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 433.71 Watt. Pada hari kedua total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 12876.69 Watt.



Grafik 3.22 Real power solar array pada hari kedua

3.2.5.3 Power Solar Array Pada Hari Ketiga

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari ketiga ditunjukkan pada Grafik 3.23. Pendataan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 14:00 selama mobil berjalan. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 13:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 14:00 cenderung naik. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 478.16 Watt. Pada hari ketiga total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 42152.41 Watt.

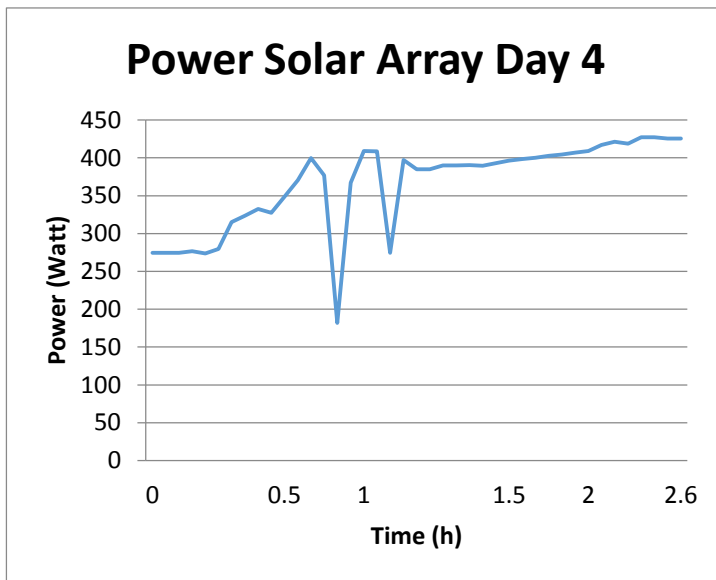


Grafik 3.23 Real power solar array pada hari ketiga

3.2.5.4 Power Solar Array Pada Hari Keempat

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keempat ditunjukkan pada Grafik 3.24. Pendataan ini dimulai pukul 08:00

sampai pukul 11:00 selama mobil berjalan. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 10:30. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 11:00 cenderung naik. Terdapat penurunan drastis di beberapa poin dikarenakan terhalangnya sinar matahari oleh pepohonan di pinggir jalan. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 427.43 Watt. Pada hari keempat total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 14989.75 Watt.

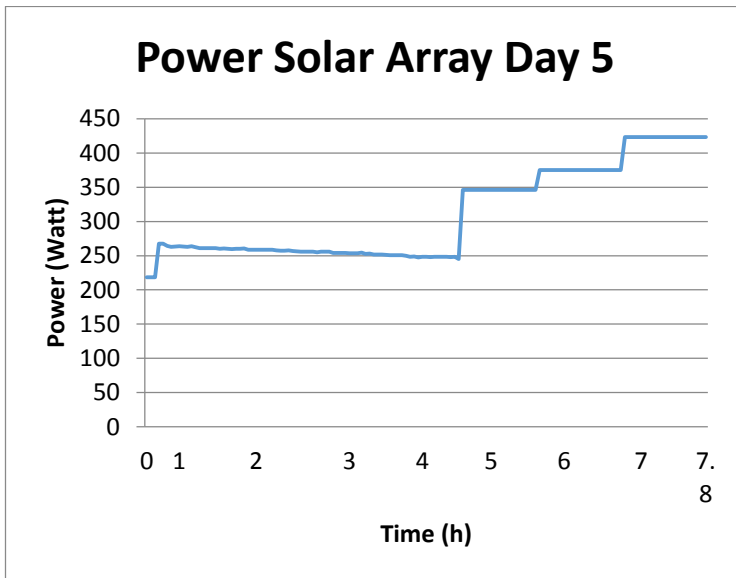


Grafik 3.24 *Real power solar array* pada hari keempat

3.2.5.5 *Power Solar Array Pada Hari Kelima*

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kelima ditunjukkan pada Grafik 3.25. Pendataan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 16:00 selama mobil berjalan. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 13:30 sampai 16:00. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari

pukul 08:00 sampai pukul 12:30 cenderung konstan naik, pukul 12:30 sampai pukul 13:30 cenderung konstan naik, dan pukul 13:30 sampai pukul 16:00 konstan. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 423.29 Watt. Pada hari kelima total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 43183.49 Watt.

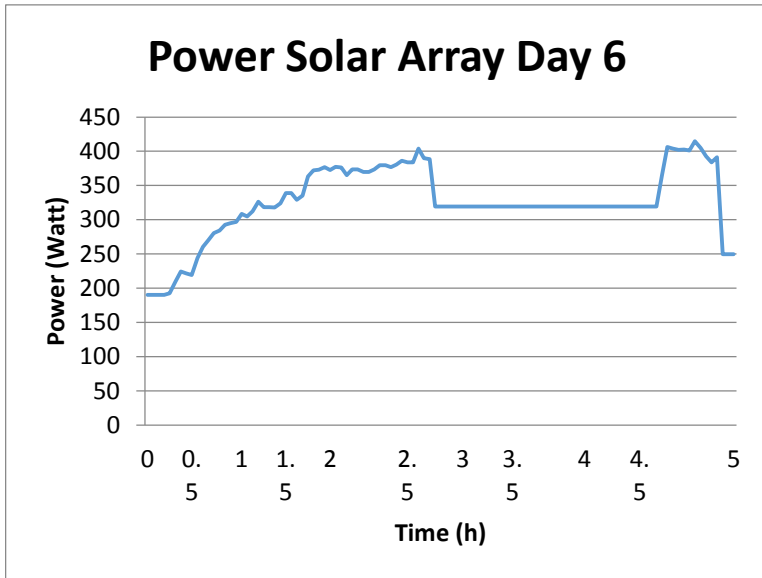


Grafik 3.25 *Real power solar array* pada hari kelima

3.2.5.6 *Power Solar Array Pada Hari Keenam*

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keenam ditunjukkan pada Grafik 3.26. Pendataan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 13:00 selama mobil berjalan. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:30. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 10:30 cenderung naik, pukul 10:30 sampai pukul

12:00 cenderung konstan, dan pukul 12:00 sampai pukul 13:00 naik turun. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 414.63 Watt. Pada hari keenam total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 34813.61 Watt.

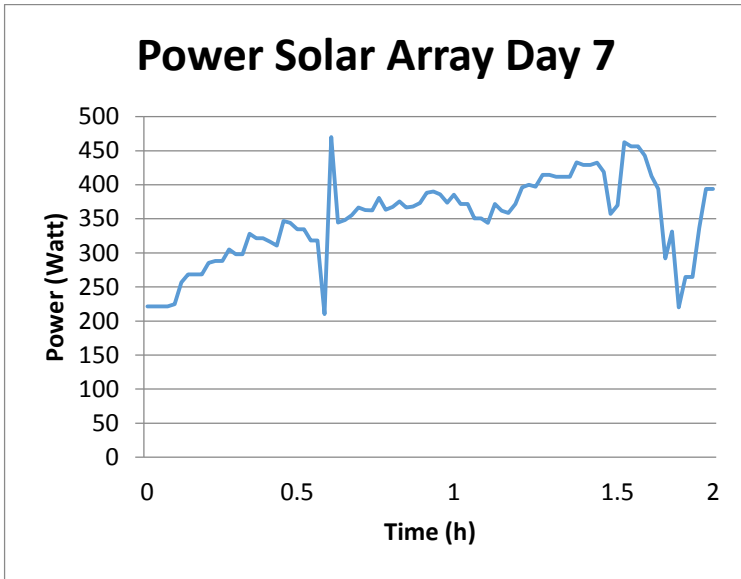


Grafik 3.26 *Real power solar array* pada hari keenam

3.2.5.7 *Power Solar Array Pada Hari Ketujuh*

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari ketujuh ditunjukkan pada Grafik 3.27. Pendataan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 11:00 selama mobil berjalan. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 09:30. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 11:00 cenderung naik turun. Daya maksimal yang

berhasil dibangkitkan sebesar 470 Watt. Pada hari ketujuh total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 29369.66 Watt.



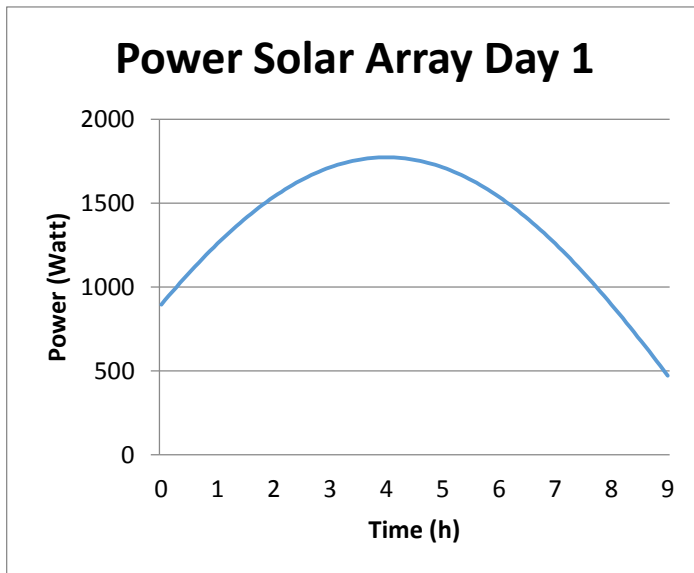
Grafik 3.27 *Real power solar array* pada hari ketujuh

3.2.6 *Power Solar Array* Berdasarkan Optimasi Widya Wahana V

Power solar array didapatkan dari perhitungan radiasi sel surya di setiap tempat dan setiap waktu, sehingga didapatkan estimasi energi surya yang dapat diserap selama perlombaan. Hal ini dimodelkan sebagai pembandingan pada data *real time* dan untuk menentukan strategi pada *World Solar Challenge* 2017.

3.2.6.1 Power Solar Array Pada Hari Pertama

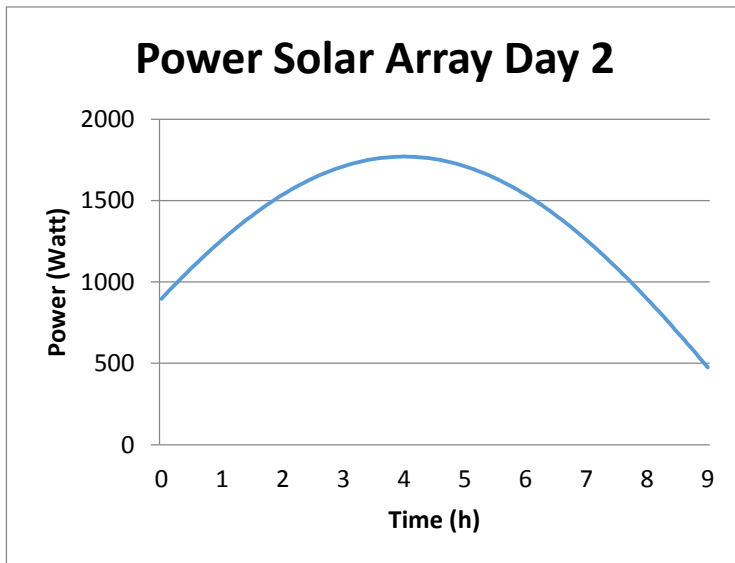
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari pertama ditunjukkan pada Grafik 3.28. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1773 Watt. Pada hari pertama total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 187287 Watt.



Grafik 3.28 Optimasi *power solar array* pada hari pertama

3.2.6.2 Power Solar Array Pada Hari Kedua

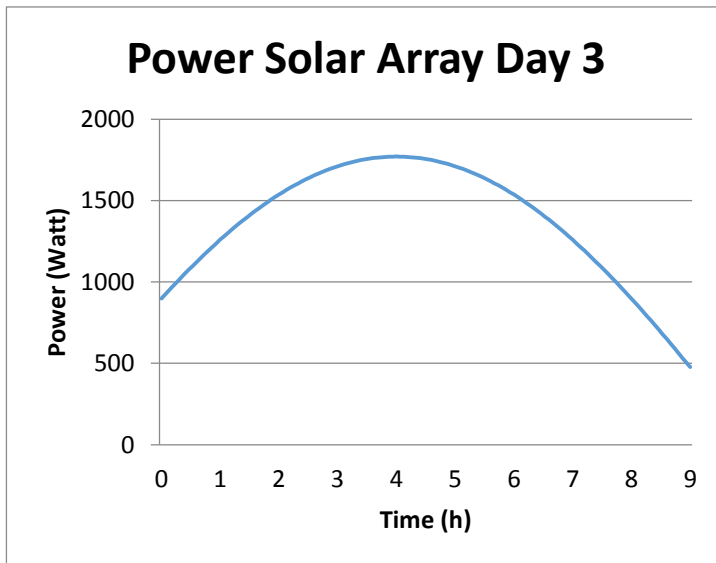
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kedua ditunjukkan pada Grafik 3.29. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1771 Watt. Pada hari kedua total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 187267 Watt.



Grafik 3.29 Optimasi *power solar array* pada hari kedua

3.2.6.3 Power Solar Array Pada Hari Ketiga

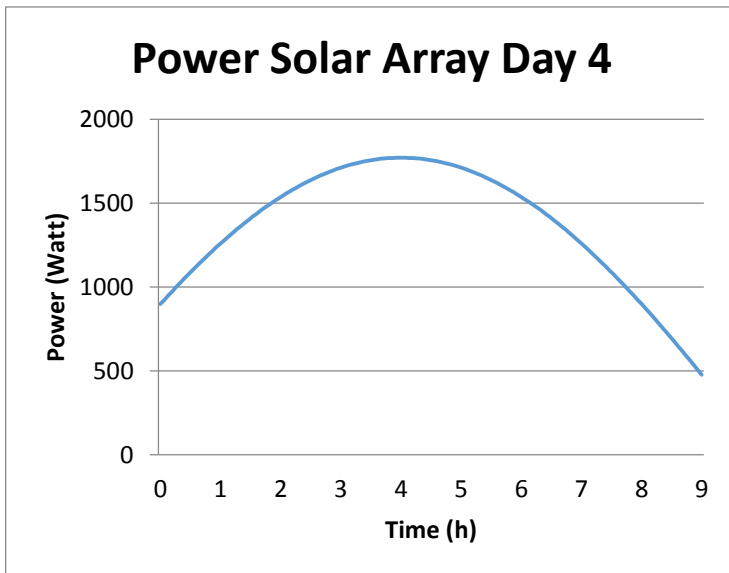
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari ketiga ditunjukkan pada Grafik 3.30. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1771 Watt. Pada hari ketiga total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 187287 Watt.



Grafik 3.30 Optimasi *power solar array* pada hari ketiga

3.2.6.4 Power Solar Array Pada Hari Keempat

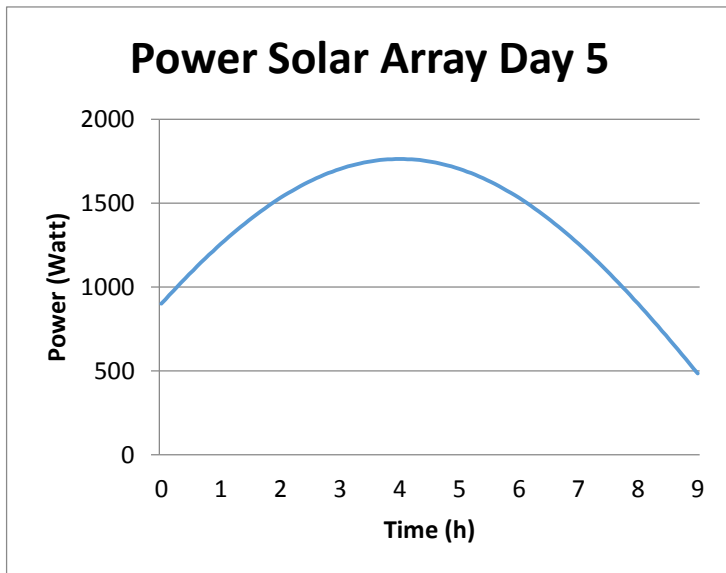
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keempat ditunjukkan pada Grafik 3.31. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1771 Watt. Pada hari keempat total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 187304 Watt.



Grafik 3.31 Optimasi *power solar array* pada hari keempat

3.2.6.5 Power Solar Array Pada Hari Kelima

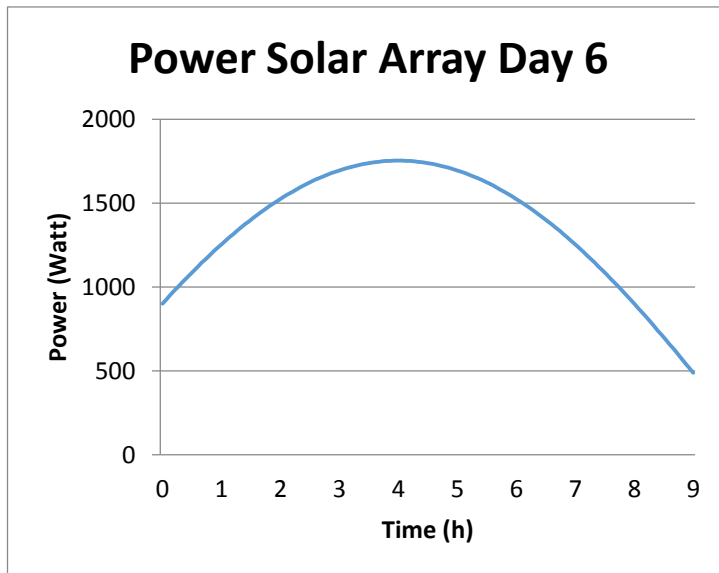
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kelima ditunjukkan pada Grafik 3.32. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1763 Watt. Pada hari kelima total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 186869 Watt.



Grafik 3.32 Optimasi *power solar array* pada hari kelima

3.2.6.6 Power Solar Array Pada Hari Keenam

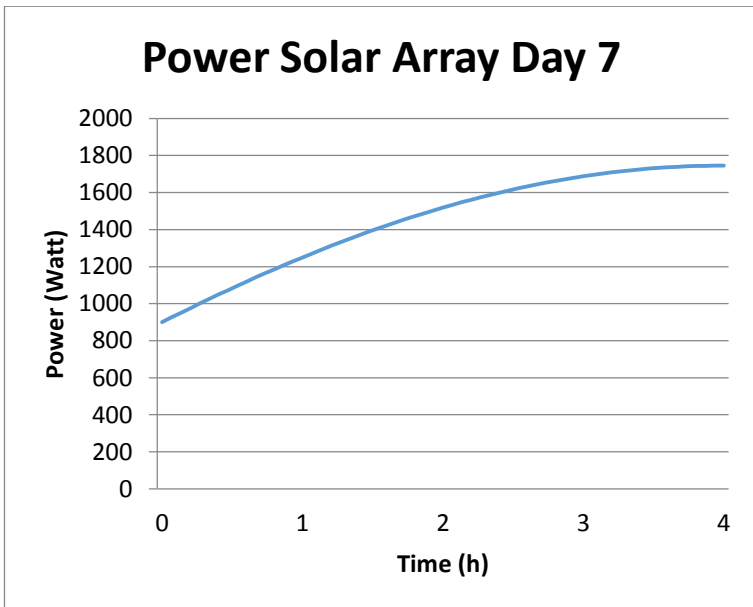
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keenam ditunjukkan pada Grafik 3.33. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1753 Watt. Pada hari keenam total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 186152 Watt.



Grafik 3.33 Optimasi *power solar array* pada hari keenam

3.2.6.7 Power Solar Array Pada Hari Ketujuh

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari ketujuh ditunjukkan pada Grafik 3.34. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 12:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, dan berharga maksimal pada pukul 12:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1746 Watt. Pada hari ketujuh total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 88496 Watt.



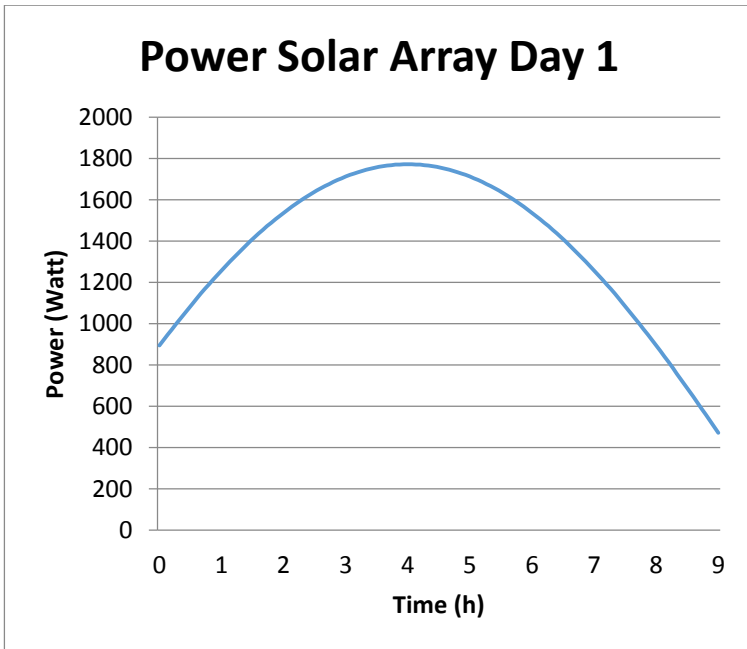
Grafik 3.34 Optimasi *power solar array* pada hari ketujuh

3.2.7 Power Solar Array Berdasarkan Desain Baru Widya Wahana VI

Power solar array didapatkan dari perhitungan radiasi sel surya di setiap tempat dan setiap waktu, sehingga didapatkan estimasi energi surya yang dapat diserap selama perlombaan. Hal ini dimodelkan sebagai pembandingan pada data *real time* dan untuk menentukan strategi pada *World Solar Challenge 2017*.

3.2.7.1 Power Solar Array Pada Hari Pertama

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari pertama ditunjukkan pada Grafik 3.35. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1773 Watt. Pada hari pertama total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 187287 Watt.

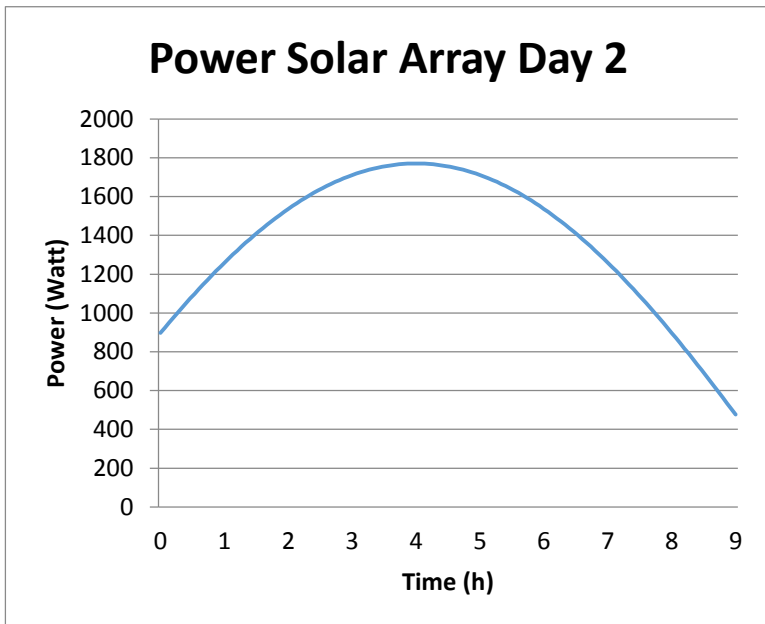


Grafik 3.35 *Power solar array* Widya Wahana VI pada hari pertama

3.2.7.2 *Power Solar Array Pada Hari Kedua*

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kedua ditunjukkan pada Grafik 3.36. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai

pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1771 Watt. Pada hari kedua total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 187267 Watt.

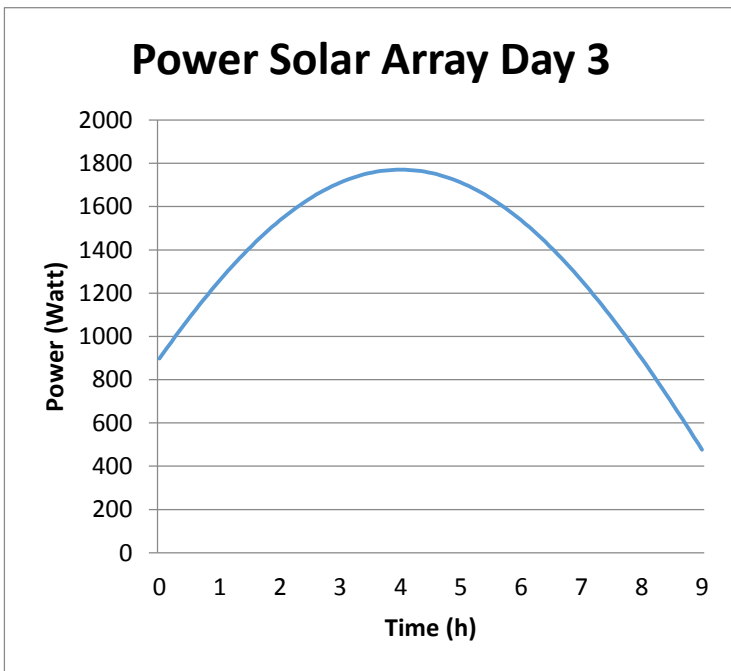


Grafik 3.36 *Power solar array* Widya Wahana VI pada hari kedua

3.2.7.3 *Power Solar Array Pada Hari Ketiga*

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari ketiga ditunjukkan pada Grafik 3.37. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah

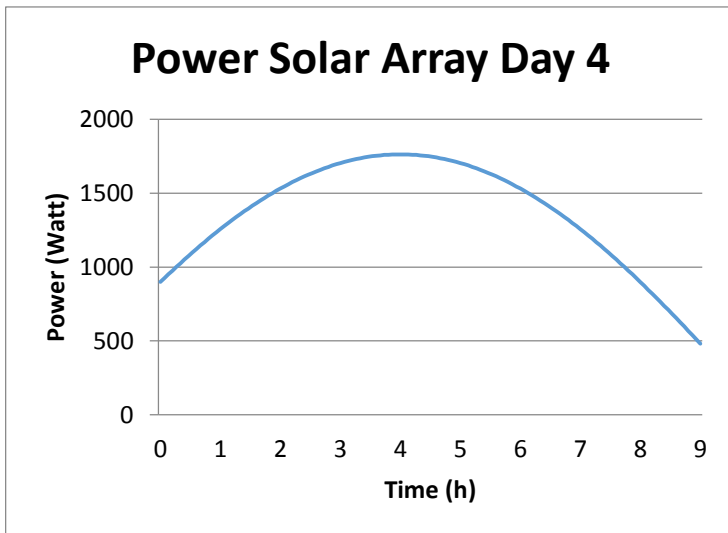
setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1771 Watt. Pada hari ketiga total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 187267 Watt.



Grafik 3.37 *Power solar array* Widya Wahana VI pada hari ketiga

3.2.7.4 Power Solar Array Pada Hari Keempat

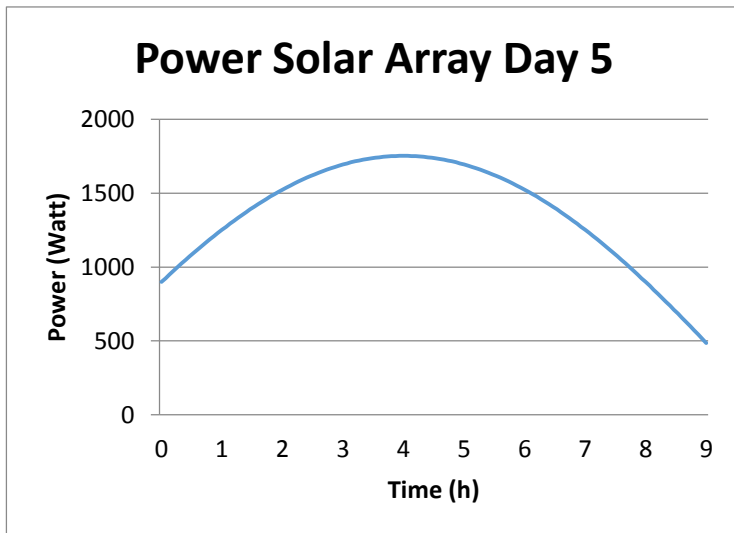
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keempat ditunjukkan pada Grafik 3.38. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1763 Watt. Pada hari keempat total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 186746 Watt.



Grafik 3.38 *Power solar array* Widya Wahana VI pada hari keempat

3.2.7.5 Power Solar Array Pada Hari Kelima

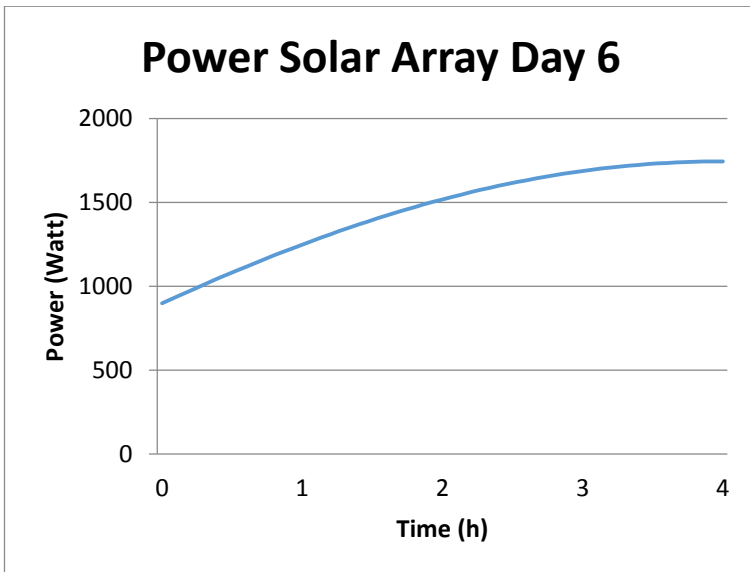
Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari kelima ditunjukkan pada Grafik 3.39. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 17:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, berharga maksimal pada pukul 12:00, dan cenderung menurun pada pukul 12:00 sampai 17:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1752 Watt. Pada hari kelima total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 185967 Watt.



Grafik 3.39 *Power solar array* Widya Wahana VI pada hari kelima

3.2.7.6 Power Solar Array Pada Hari Keenam

Daya yang dibangkitkan oleh sel surya pada hari keenam ditunjukkan pada Grafik 3.40. Perhitungan ini dimulai pukul 08:00 sampai pukul 12:00. Perubahan daya bangkitan sel surya berubah setiap empat menit dikarenakan terjadi pergeseran sudut inklinasi dari matahari. Daya terbesar yang berhasil dibangkitkan oleh sel surya terjadi pada pukul 12:00, karena pada jam tersebut matahari tepat berada diatas posisi sel surya dan saling tegak lurus. Intensitas daya yang dibangkitkan oleh sel surya dari pukul 08:00 sampai pukul 12:00 cenderung naik, dan berharga maksimal pada pukul 12:00. Daya maksimal yang berhasil dibangkitkan sebesar 1744 Watt. Pada hari keenam total daya yang dibangkitkan oleh sel surya sebesar 88401 Watt.



Grafik 3.40 *Power solar array* Widya Wahana VI pada hari keenam

3.3 Identifikasi Permasalahan

Fokus permasalahan adalah evaluasi konsumsi energi Widya Wahana V terhadap parameter-parameter yang ada. Parameter selain dari properti fisik kendaraan, juga dari *driving cycle* dan energi yang tersedia dari sel surya. Selain mobil Widya Wahana harus bisa menempuh jarak sejauh 3022 km, mobil Widya Wahana juga harus mencapai *control stop* pada waktu yang tepat, karena di masing-masing *control stop* memiliki waktu buka dan waktu tutup.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai permasalahan yang timbul serta langkah-langkah dan metode yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi-referensi terkait topik sejenis melalui buku, jurnal, dan berbagai artikel dalam internet. Studi literatur yang dilakukan mempelajari beberapa aspek sebagai berikut :

- Konsep Pemodelan
- Pemodelan fisik kendaraan
- Pemodelan pada mobil surya
- Perhitungan traksi, *vehicle dynamic*, dan energi
- Penggunaan matlab sebagai *tool* simulasi

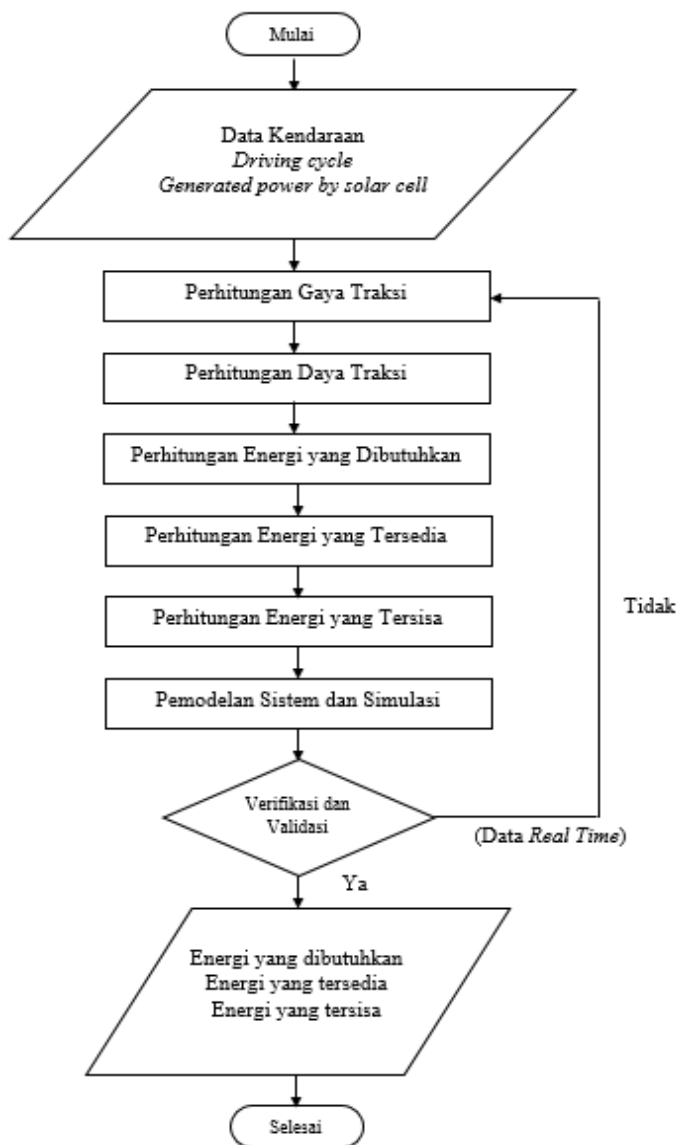
3.5 Pemodelan Sistem dan Simulasi

Setelah data diketahui, dilakukan analisa dan pengolahan data dengan prosedur sebagai berikut :

- Membuat model *driving cycle*.
Dimodelkan berdasarkan data *real time*, optimasi Widya Wahana V dan desain baru Widya Wahana VI.

- Membuat model energi dari sel surya.
Dimodelkan berdasarkan data *real time* dan teori perhitungan daya *solar array*.
- Membuat model lintasan.
Dimodelkan berdasarkan sudut elevasi lintasan perlombaan di Australia yang mengacu pada *Route Notes WSC 2015*.
- Membuat model kendaraan.
Didapatkan tiga model kendaraan, secara *real time*, optimasi Widya Wahana V dan desain baru Widya Wahana VI.

Model sistem yang telah dibuat kemudian disimulasi dengan menggunakan *software Simulink* untuk mendapatkan hasil akhir yang dibutuhkan, yakni konsumsi energi kendaraan. Untuk mendapatkan output dari hasil pemodelan Widya Wahana V dan Widya Wahana VI, diperlukan perhitungan terlebih dahulu yang sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.3 Diagram Alir Perhitungan

3.6 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk memastikan bahwa pengujian yang dilakukan sesuai untuk penggunaan yang dimaksudkan dan mampu menghasilkan data yang valid. Pada pemodelan dan simulasi Widya Wahana V dilakukan verifikasi dan validasi yang diperoleh dari data *actual* mobil atau data *real time* pada saat mobil berlomba di ajang *World Solar Challenge* 2015 di Australia. Hal ini dilakukan dengan cara membandingkan dari hasil simulasi dengan data *actual* yang sudah ada.

3.7 Analisa dan Pembahasan

Setelah simulasi sistem berhasil dijalankan, dilakukan analisa terhadap hasil simulasi, diantaranya torsi dan daya yang dibutuhkan, energi yang tersedia serta energi tersisa yang terkait pada data *real time* dan teori yang ditentukan, sehingga dapat dibandingkan konsumsi energi berdasarkan data-data *real time* dengan teori.

Hal terpenting dari analisa ini adalah evaluasi konsumsi energi terhadap desain dan properti fisik kendaraan sehingga dapat ditentukan strategi untuk mempersiapkan mobil Widya Wahana VI pada perlombaan *World Solar Challenge* 2017 yang didapatkan dari hasil kebutuhan energi setiap harinya.

Adapun analisa yang akan dilakukan terhadap mobil Widya Wahana V adalah sebagai berikut :

1. Konsumsi energi berdasarkan data-data *real time* selama mobil berjalan pada perlombaan *World Solar Challenge* 2015.
2. Konsumsi energi berdasarkan optimasi Widya Wahana V dengan penentuan *drive cycle* berdasarkan jarak terjauh

- dan waktu buka tutup *control stop* serta perhitungan *power solar array* secara maksimal.
3. Konsumsi energi berdasarkan desain baru Widya Wahana VI dengan penentuan *drive cycle* berdasarkan jarak terjauh dan waktu buka tutup *control stop* serta perhitungan *power solar array* secara maksimal.
 4. Perbandingan konsumsi energi berdasarkan hasil optimasi Widya Wahana V dengan desain baru Widya Wahana VI.
 5. Evaluasi dan strategi untuk mempersiapkan mobil Widya Wahana VI pada perlombaan *World Solar Challenge* 2017.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini semua hasil penelitian disimpulkan untuk dapat menjawab semua permasalahan. Selanjutnya adalah saran desain kendaraan berdasar hasil simulasi dan evaluasi. Hal ini penting sebagai acuan dalam penelitian, desain, dan pembuatan mobil Widya Wahana selanjutnya.

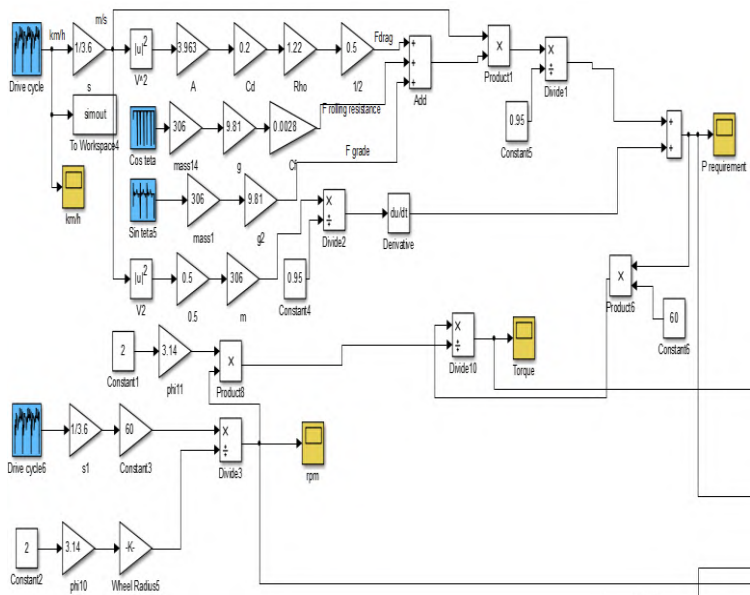
BAB IV

HASIL DAN ANALISA

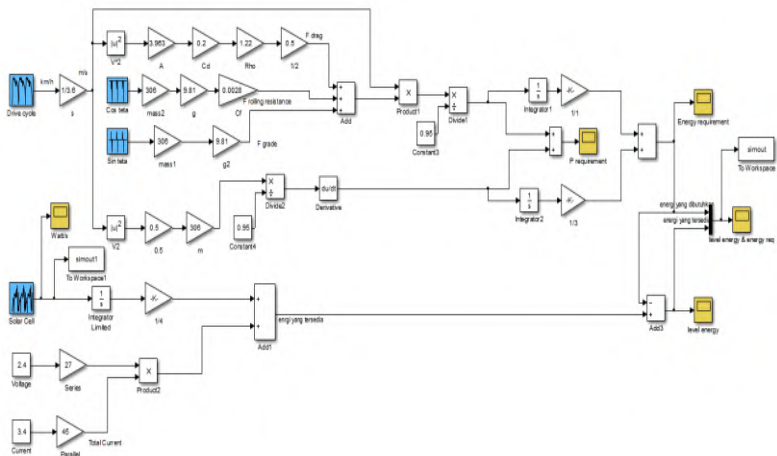
4.1 Pemodelan Sistem dan Simulasi

Pemodelan sistem yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Gambar-gambar tersebut menunjukkan blok-blok diagram yang disusun dengan memasukkan data-data perhitungan dan data-data Widya Wahana V secara *real time* ketika berajang di *World Solar Challenge* 2015 di Australia selama tujuh hari perlombaan. Spesifikasi mobil disesuaikan dan seluruh masukan selama perlombaan juga disesuaikan, seperti model *driving cycle* setiap harinya, jumlah energi yang terserap *solar cell* dan kondisi lintasan yang juga dimodelkan sesuai rute yang dilewati.

Gambar 4.1 merupakan pemodelan sistem dan simulasi yang menghasilkan daya, rpm dan torsi yang dibutuhkan. Pemodelan ini dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dari motor yang akan digunakan.



Gambar 4.1 Pemodelan Daya, RPM dan Torsi



Gambar 4.2 Pemodelan Konsumsi Energi

Gambar 4.2 merupakan pemodelan dan simulasi yang menghasilkan konsumsi energi selama hari perlombaan. Pada pemodelan konsumsi energi, kecepatan angin diabaikan pada perhitungan gaya *drag*, hal ini dikarenakan :

1. Tim tidak mempunyai alat pengukur kecepatan angin (anemometer) yang digunakan untuk mengetahui kecepatan angin secara *real time*.
2. Pengaruh angin dari depan dan belakang tidak signifikan pada mobil dikarenakan bentuk mobil *streamline*.
3. Kondisi angin pada lintasan perlombaan lebih banyak angin samping yang tidak mempengaruhi traksi kendaraan.

Setelah didapatkan hasil dari pemodelan Widya Wahana V di ajang WSC 2015 di Australia secara *real time*, dilakukan verifikasi dan validasi dari hasil simulasi dengan hasil data monitoring ITS *Solar Car Racing Team 2015*. Kemudian dilakukan pemodelan terhadap optimasi Widya Wahana V dengan mengganti *driving cycle* dan pemodelan terhadap desain baru Widya Wahana VI guna menentukan strategi untuk perlombaan WSC 2017. *Driving cycle* dimasukkan secara konstan dan variasi.

Faktor yang digunakan untuk variasi kecepatan *driving cycle* adalah sebagai berikut :

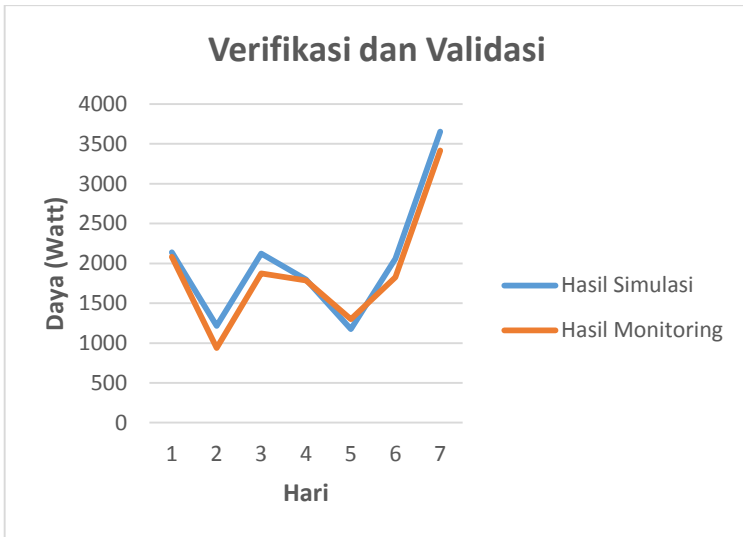
- Waktu yang tersedia (total hari perlombaan)
- Sudut kemiringan jalan
- Waktu buka tutup *control stop*.

4.2 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil simulasi Widya Wahana V secara *real time* dengan hasil monitoring. Hal ini bertujuan untuk verifikasi dan validasi sistem pemodelan yang dibuat benar atau tidak.

Tabel 4.1 Perbandingan Rata-rata Daya Yang Dibutuhkan Hasil Simulasi Dengan Hasil Monitoring

Hari	Simulasi (Watt)	Monitoring (Watt)
Pertama	2138,04	2081,7
Kedua	1213,73	937,56
Ketiga	2121,88	1875,54
Keempat	1798,93	1784,31
Kelima	1175,67	1297,67
Keenam	2059,12	1827,5
Ketujuh	3652,85	3417,22



Gambar 4.3 Perbandingan Rata-rata Daya yang dibutuhkan Hasil Simulasi dengan Hasil Monitoring

Pada Tabel 4.1, terlihat selisih dari hasil simulasi dengan data monitoring tidak terlalu besar dengan nilai 80 – 90 % dari hasil simulasi. Dari Gambar 4.3, *trendline* hasil simulasi juga mempunyai *trend* yang sama dengan *trend* hasil monitoring.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Rata-rata RPM dan Torsi Yang Dibutuhkan

Hari	RPM (rpm)	Torsi (Nm)
Pertama	489	28,82
Kedua	378	24,74
Ketiga	480	28,28
Keempat	410	33,12
Kelima	457	22,38
Keenam	522	35,48
Ketujuh	544	32,62

Sedangkan pada Tabel 4.2, terlihat bahwa nilai dari RPM dan torsi yang dibutuhkan selama perlombaan masih di bawah dari spesifikasi motor listrik yang digunakan, yaitu dengan nilai RPM *up to* 900rpm dan *peak* torsi 25Nm. Untuk nilai *peak* torsi menjadi 50Nm dikarenakan motor listrik yang digunakan sebanyak dua buah.

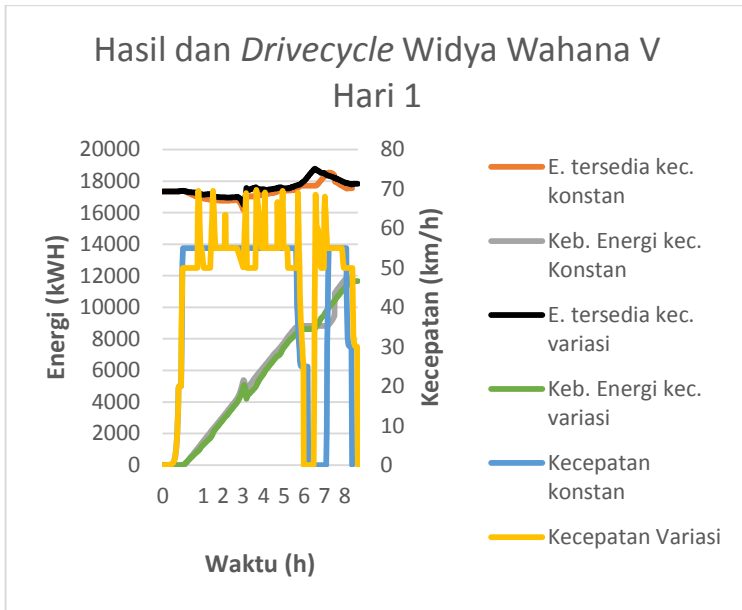
Dari hasil verifikasi dan validasi daya, rpm dan torsi pada Tabel 4.1, Gambar 4.3 dan Tabel 4.2, maka sistem pemodelan dan simulasi yang dibuat benar, sehingga dapat dilanjutkan untuk memodelkan optimasi Widya Wahana V dengan mengganti *driving cycle* dan pemodelan untuk desain baru Widya Wahana VI.

4.3 Hasil dan Analisa Optimasi Mobil Widya Wahana V

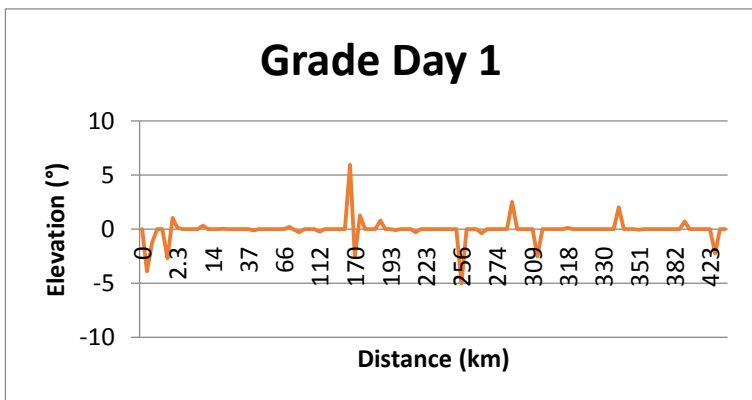
4.3.1 Hari Pertama

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari pertama secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.4 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 55 km/jam untuk mencapai jarak 428 km dengan waktu selama 30279 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.4 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari pertama yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:30 sampai pukul 17:00 sebesar 12 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari pertama ditunjukkan pada Gambar 4.4 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:30 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 17,5 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari pertama energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 8,5 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.4 Grafik analisa Widya Wahana V pada hari pertama



Gambar 4.5 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana V pada hari pertama

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari pertama dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.4 warna ungu. Gambar 4.5 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari pertama. Kecepatan maksimum nya adalah 70 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 51,54 km/jam dengan waktu selama 30569 detik.

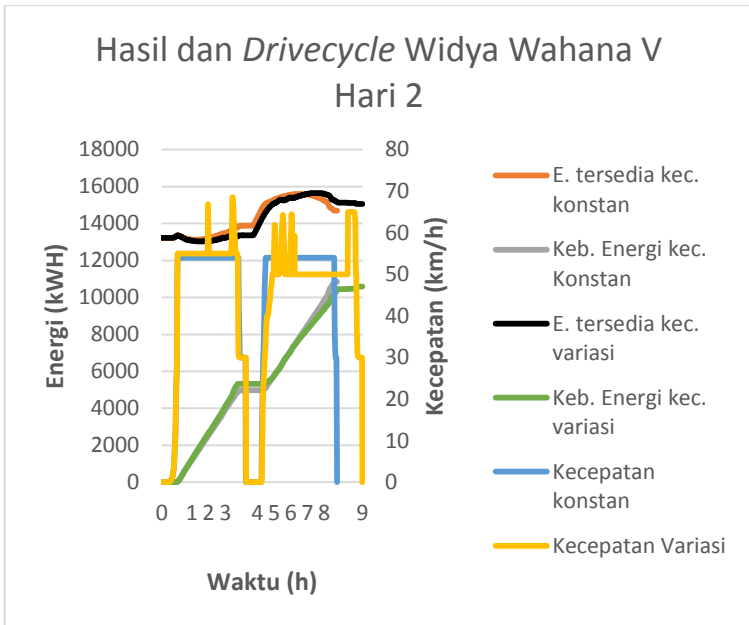
Gambar 4.4 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari pertama yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:30 sampai pukul 17:00 sebesar 12 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari pertama ditunjukkan pada Gambar 4.4 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:30 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 17 KWH. Pada hari pertama energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 8 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana V pada hari pertama dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.4 warna biru muda atau ungu.

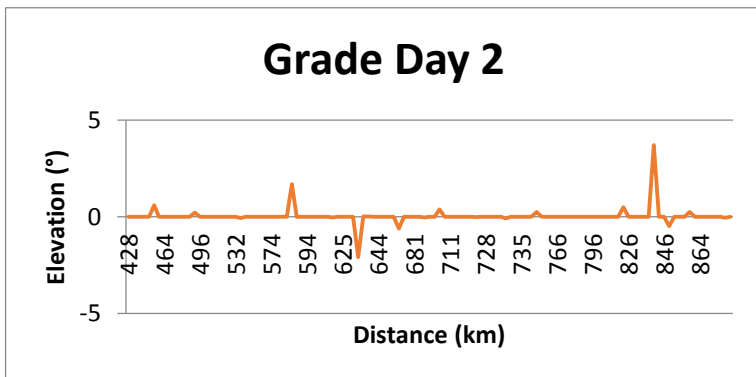
4.3.2 Hari Kedua

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kedua secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.6 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 54 km/jam untuk mencapai jarak 455 km dengan waktu selama 31620 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.6 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kedua yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 10 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari kedua ditunjukkan pada Gambar 4.6 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 13,5 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 15 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari kedua energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 6,5 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.6 Grafik analisa Widya Wahana V pada hari kedua



Gambar 4.7 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana V pada hari kedua

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kedua dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.6 warna ungu. Gambar 4.7 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari kedua. Kecepatan maksimum nya adalah 70 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 50,94 km/jam dengan waktu selama 32315 detik.

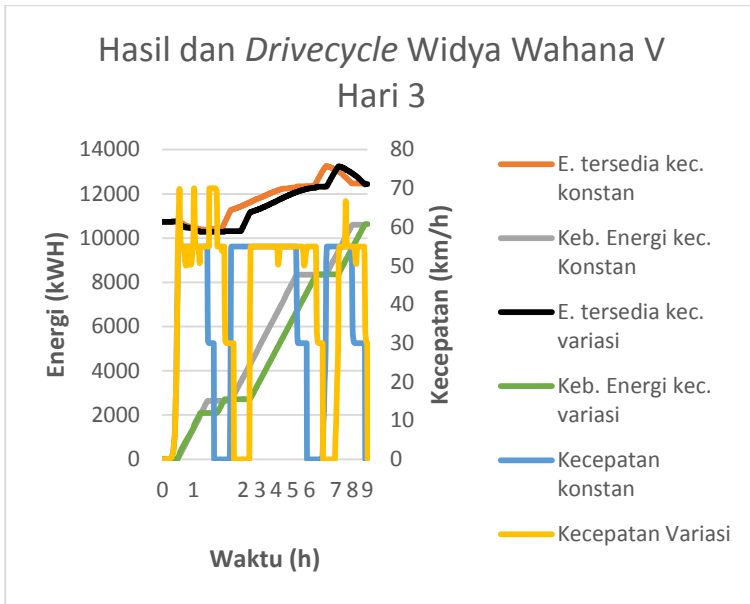
Gambar 4.6 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kedua yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 10 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari kedua ditunjukkan pada Gambar 4.6 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 13 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 15 KWH. Pada hari kedua energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 6 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana V pada hari kedua dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.6 warna biru muda atau ungu.

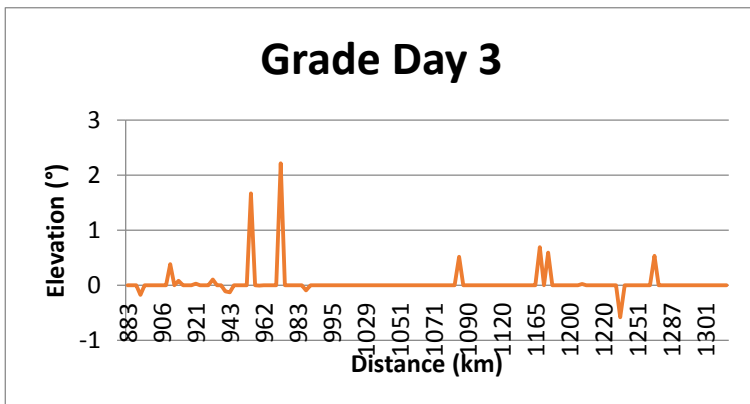
4.3.3 Hari Ketiga

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketiga secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.8 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 55 km/jam untuk mencapai jarak 426 km dengan waktu selama 31669 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.8 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketiga yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 10,5 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari ketiga ditunjukkan pada Gambar 4.8 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 11,5 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 13 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari ketiga energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 4,5 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.8 Grafik analisa Widya Wahana V pada hari ketiga



Gambar 4.9 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana V pada hari ketiga

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketiga dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.8 warna ungu. Gambar 4.9 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari ketiga. Kecepatan maksimum nya adalah 70 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 52,46 km/jam dengan waktu selama 31689 detik.

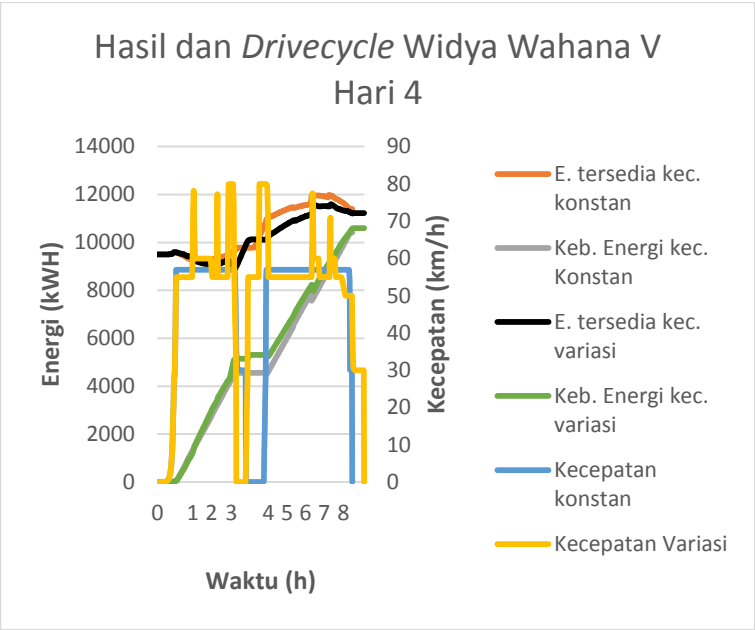
Gambar 4.8 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketiga yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 11 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari ketiga ditunjukkan pada Gambar 4.8 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 11 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 13 KWH. Pada hari ketiga energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 4,5 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana V pada hari ketiga dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.8 warna biru muda atau ungu.

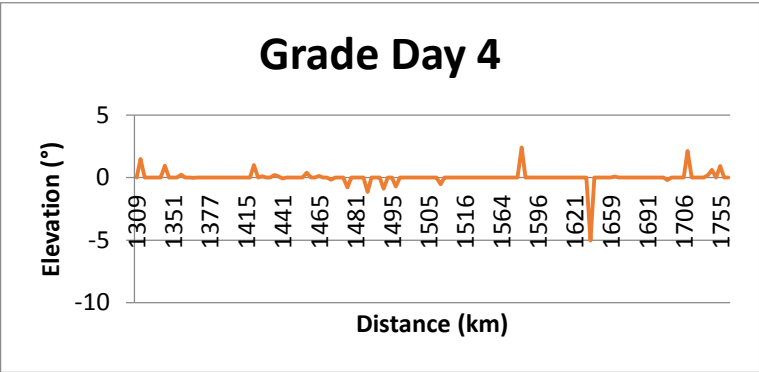
4.3.4 Hari Keempat

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keempat secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.10 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 57 km/jam untuk mencapai jarak 447 km dengan waktu selama 30531 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.10 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keempat yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 16:30 sebesar 10,5 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari keempat ditunjukkan pada Gambar 4.10 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 9,5 KWH dan pada pukul 16:30 sebesar 11,5 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari keempat energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 16:30 sebesar 1 KWH dan diperbolehkan mengisi daya baterai secara eksternal hingga keadaan penuh. Hal ini dikarenakan regulasi dari panitia untuk kelas *cruiser* yang diperbolehkan mengisi daya baterai secara eksternal setelah melalui Alice Spring *control stop*.



Gambar 4.10 Grafik analisa Widya Wahana V pada hari keempat



Gambar 4.11 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana V pada hari keempat

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keempat dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.10 warna ungu. Gambar 4.11 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari keempat. Kecepatan maksimum nya adalah 80 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 56,81 km/jam dengan waktu selama 30598 detik.

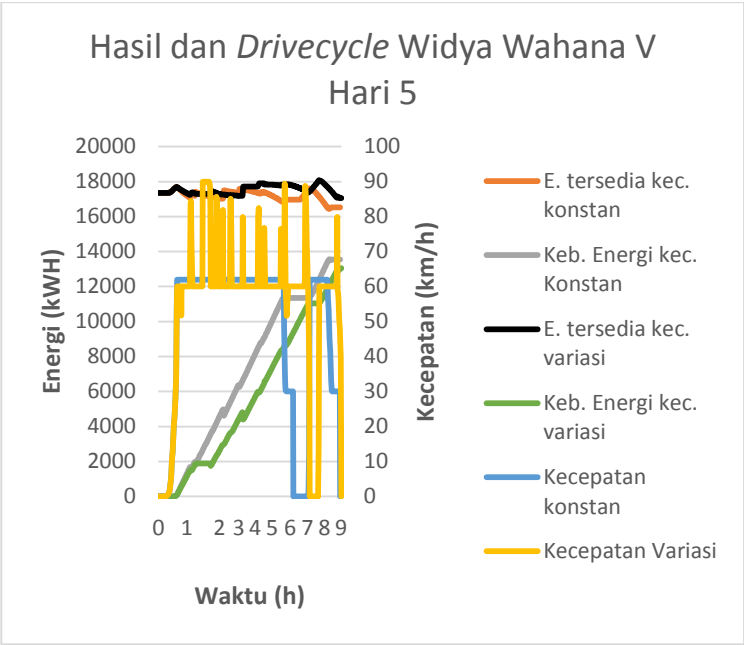
Gambar 4.10 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keempat yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 16:30 sebesar 10,5 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari keempat ditunjukkan pada Gambar 4.10 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 9,5 KWH dan pada pukul 16:30 sebesar 11 KWH. Pada hari keempat energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 16:30 sebesar 0,5 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana V pada hari keempat dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.10 warna biru muda atau ungu.

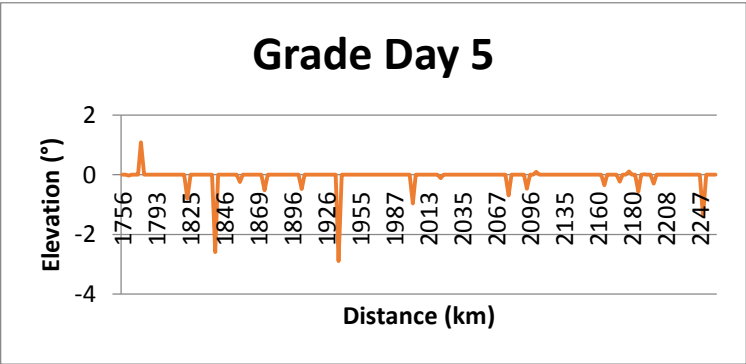
4.3.5 Hari Kelima

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kelima secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.12 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 62 km/jam untuk mencapai jarak 504 km dengan waktu selama 32137 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.12 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kelima yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 13 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari kelima ditunjukkan pada Gambar 4.12 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 17 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari kelima energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 8 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.12 Grafik analisa Widya Wahana V pada hari kelima



Gambar 4.13 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana V pada hari kelima

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kelima dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.12 warna ungu. Gambar 4.13 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari kelima. Kecepatan maksimum nya adalah 90 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 60,21 km/jam dengan waktu selama 32676 detik.

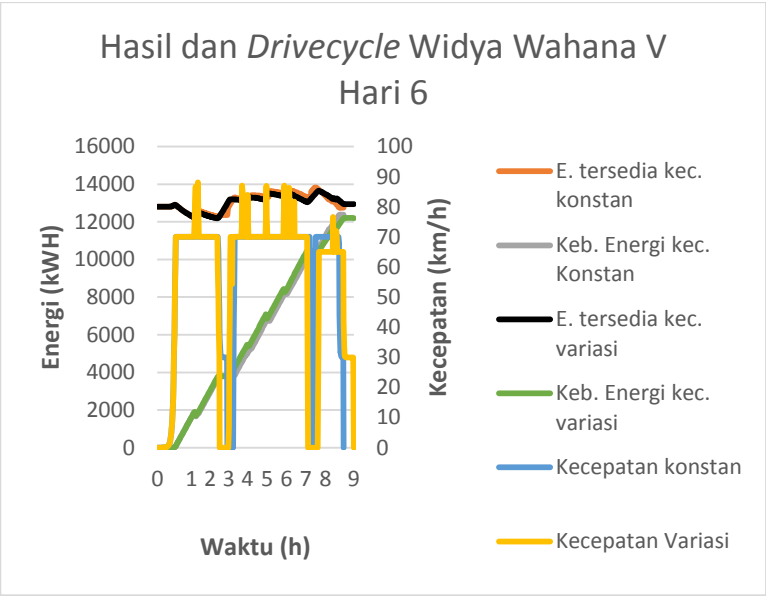
Gambar 4.12 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari kelima yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 13 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari kelima ditunjukkan pada Gambar 4.12 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 17 KWH. Pada hari kelima energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 8 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana V pada hari kelima dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.12 warna biru muda atau ungu.

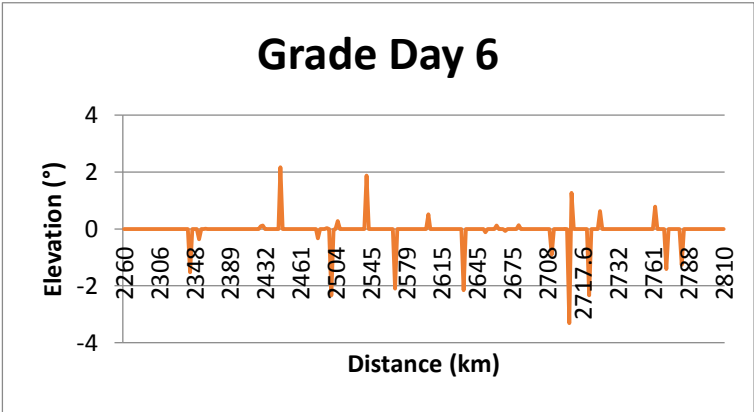
4.3.6 Hari Keenam

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keenam secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.14 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 70 km/jam untuk mencapai jarak 550 km dengan waktu selama 32301 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.14 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keenam yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 10 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari keenam ditunjukkan pada Gambar 4.14 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 13 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 13 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari keenam energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 4 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.14 Grafik analisa Widya Wahana V pada hari keenam



Gambar 4.15 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana V pada hari keenam

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keenam dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.14 warna ungu. Gambar 4.15 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari keenam. Kecepatan maksimum nya adalah 90 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 67,46 km/jam dengan waktu selama 32354 detik.

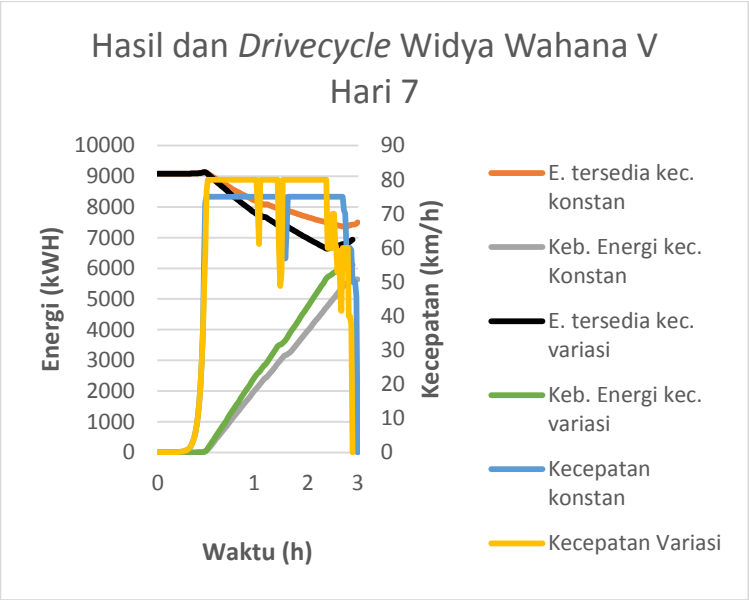
Gambar 4.14 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari keenam yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 10 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari keenam ditunjukkan pada Gambar 4.14 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 13 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 13 KWH. Pada hari keenam energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 4 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana V pada hari keenam dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.14 warna biru muda atau ungu.

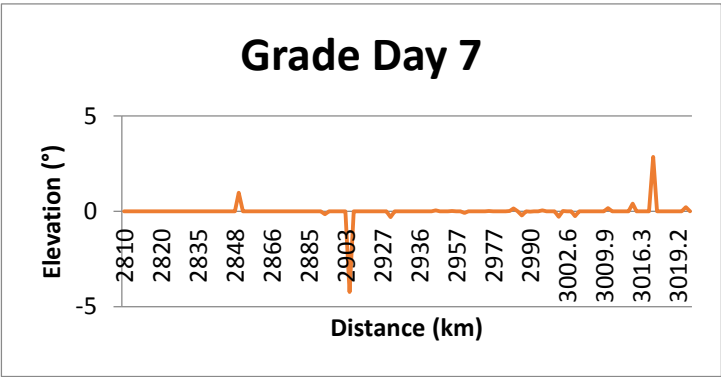
4.3.7 Hari Ketujuh

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketujuh secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.16 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 75 km/jam untuk mencapai jarak 212 km dengan waktu selama 10487 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.16 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketujuh yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 11:00 sebesar 6 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari ketujuh ditunjukkan pada Gambar 4.16 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 9 KWH dan pada pukul 11:00 sebesar 7,5 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari ketujuh energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 11:00 sebesar 1,5 KWH. Jadi pada saat Widya Wahana V mencapai garis *finish* masih terdapat energi yang tersisa.



Gambar 4.16 Grafik analisa Widya Wahana V pada hari ketujuh



Gambar 4.17 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana V pada hari ketujuh

Kecepatan dari mobil Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketujuh dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.16 warna ungu. Gambar 4.17 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari ketujuh. Kecepatan maksimum nya adalah 80 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 71,24 km/jam dengan waktu selama 10294 detik.

Gambar 4.16 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana V selama perlombaan pada hari ketujuh yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 11:00 sebesar 6 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari ketujuh ditunjukkan pada Gambar 4.16 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 9 KWH dan pada pukul 11:00 sebesar 7 KWH. Pada hari ketujuh energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 11:00 sebesar 1 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana V pada hari ketujuh dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.16 warna biru muda atau ungu.

4.3.8 Hasil Rata-rata Daya, Torsi, dan RPM

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Rata-rata Daya, Torsi, dan RPM Yang Dibutuhkan Mobil Widya Wahana V

Hari	Daya (Watt)	Torsi (N.m)	RPM (rpm)
Pertama	2012	49,81	350
Kedua	1737	47,65	334
Ketiga	1894	50,58	347
Keempat	2162	52,39	363
Kelima	2305	52,13	380
Keenam	3528	70,78	446
Ketujuh	4968	74,11	487

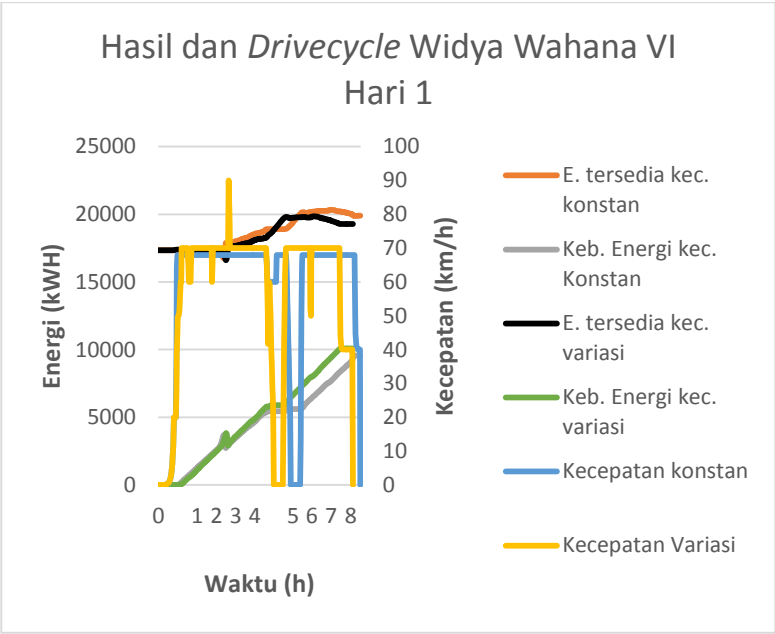
Dari Tabel 4.3, dapat diketahui rata-rata kebutuhan daya, torsi dan rpm yang dibutuhkan Widya Wahana V selama perlombaan. Hal ini digunakan untuk menentukan motor listrik yang akan digunakan. Rata-rata daya terbesar yang dibutuhkan terdapat pada hari ketujuh, yaitu sebesar 4968 Watt. Rata-rata torsi terbesar yang dibutuhkan terdapat pada hari ketujuh, yaitu sebesar 74,11 N.m. Rata-rata rpm terbesar yang dibutuhkan terdapat pada hari ketujuh, yaitu sebesar 487 rpm.

4.4 Hasil dan Analisa Desain Baru Mobil Widya Wahana VI

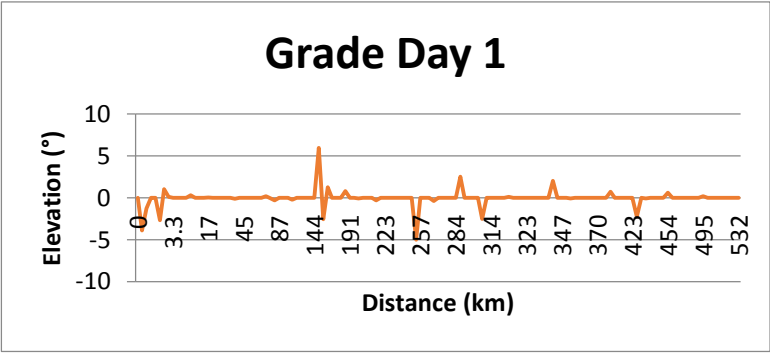
4.4.1 Hari Pertama

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari pertama secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.18 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 68 km/jam untuk mencapai jarak 532 km dengan waktu selama 30394 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.18 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari pertama yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:30 sampai pukul 17:00 sebesar 10 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari pertama ditunjukkan pada Gambar 4.18 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:30 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 19 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari pertama energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 9 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.18 Grafik analisa Widya Wahana VI pada hari pertama



Gambar 4.19 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana VI pada hari pertama

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari pertama dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.18 warna ungu. Gambar 4.19 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari pertama. Kecepatan maksimum nya adalah 90 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 64,63 km/jam dengan waktu selama 29927 detik.

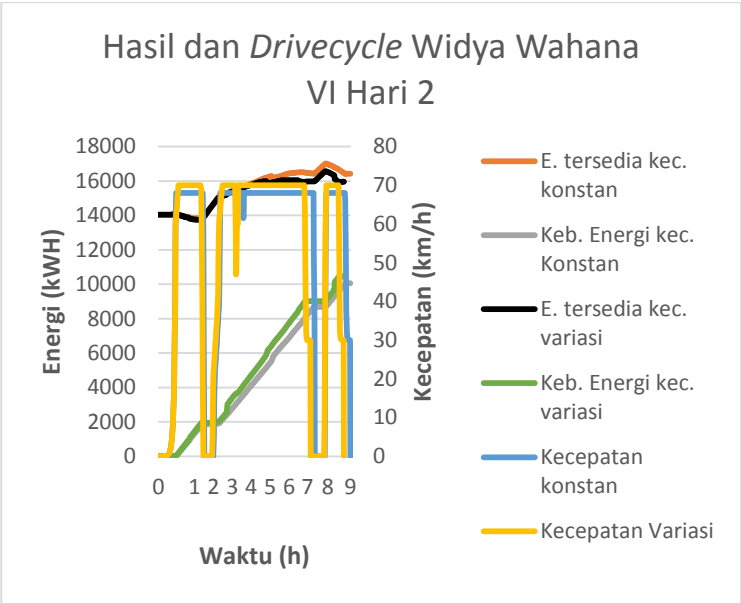
Gambar 4.18 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari pertama yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:30 sampai pukul 17:00 sebesar 10 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari pertama ditunjukkan pada Gambar 4.18 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:30 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 17 KWH. Pada hari pertama energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 9 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan lebih baik dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan dikarenakan memiliki sisa energi yang lebih banyak sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana VI pada hari pertama dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.18 warna biru muda.

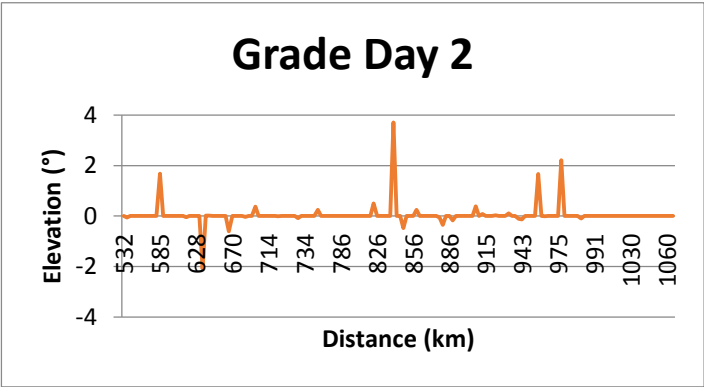
4.4.2 Hari Kedua

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kedua secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.20 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 68 km/jam untuk mencapai jarak 531 km dengan waktu selama 32421 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.20 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kedua yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 10 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari kedua ditunjukkan pada Gambar 4.20 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 14 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 16 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari kedua energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 6 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.20 Grafik analisa Widya Wahana VI pada hari kedua



Gambar 4.21 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana VI pada hari kedua

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kedua dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.20 warna ungu. Gambar 4.21 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari kedua. Kecepatan maksimum nya adalah 70 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 65,54 km/jam dengan waktu selama 31881 detik.

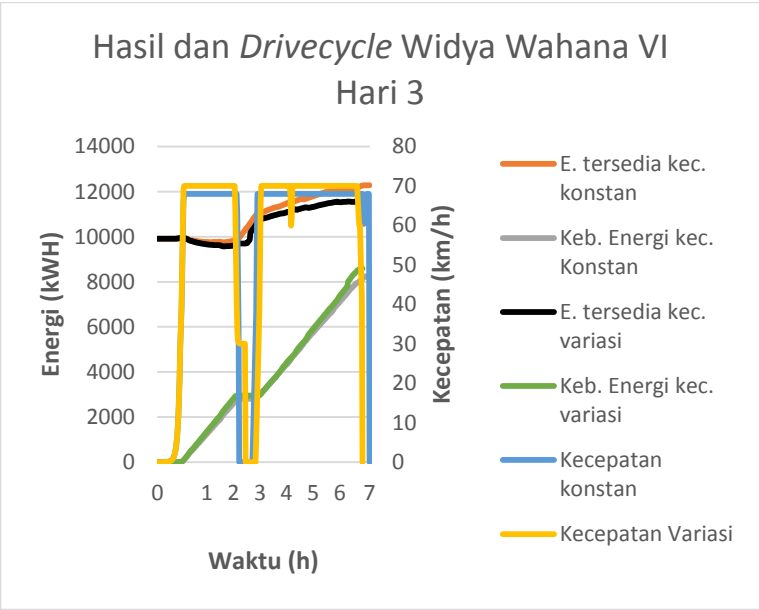
Gambar 4.20 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kedua yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 11 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari kedua ditunjukkan pada Gambar 4.20 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 14 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 16 KWH. Pada hari kedua energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 5 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan lebih baik dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan dikarenakan memiliki sisa energi yang lebih banyak sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana VI pada hari kedua dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.20 warna biru muda.

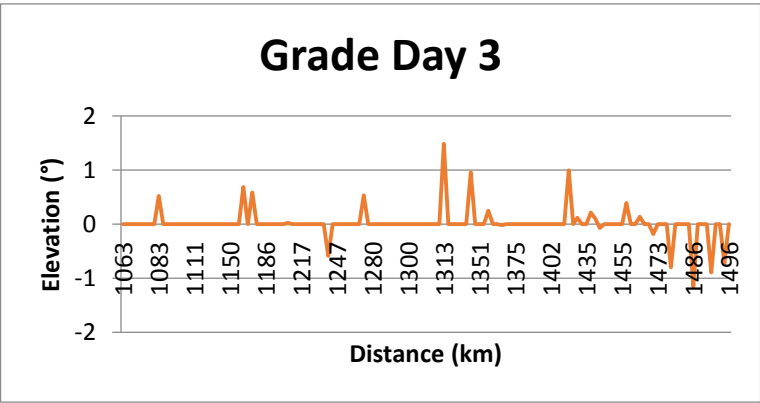
4.4.3 Hari Ketiga

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari ketiga secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.22 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 68 km/jam untuk mencapai jarak 433 km dengan waktu selama 25055 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.22 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari ketiga yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 15:00 sebesar 8,5 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari ketiga ditunjukkan pada Gambar 4.22 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 11 KWH dan pada pukul 15:00 sebesar 13,5 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari ketiga energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 15:00 sebesar 5 KWH dan diperbolehkan mengisi daya baterai secara eksternal hingga keadaan penuh. Hal ini dikarenakan regulasi dari panitia untuk kelas *cruiser* yang diperbolehkan mengisi daya baterai secara eksternal setelah melalui Alice Spring *control stop*.



Gambar 4.22 Grafik analisa Widya Wahana VI pada hari ketiga



Gambar 4.23 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana VI pada hari ketiga

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari ketiga dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.22 warna ungu. Gambar 4.23 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari ketiga. Kecepatan maksimum nya adalah 70 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 66,15 km/jam dengan waktu selama 24719 detik.

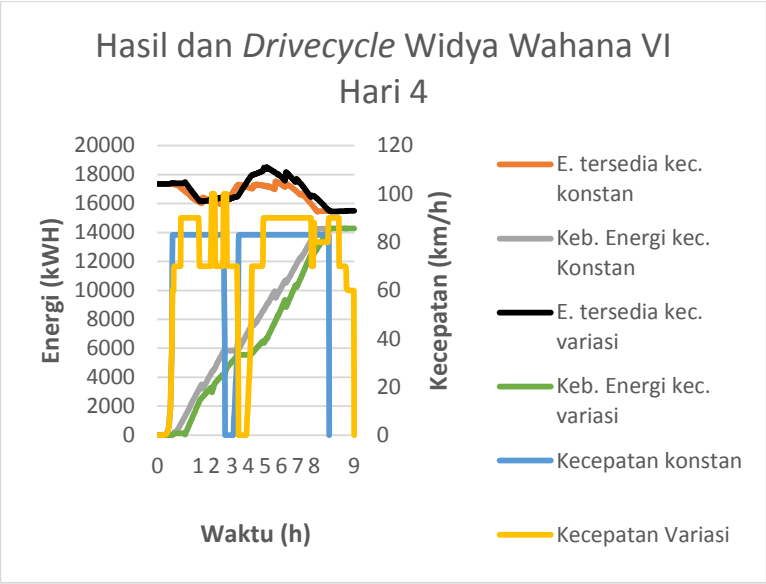
Gambar 4.22 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari ketiga yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 15:00 sebesar 9 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari ketiga ditunjukkan pada Gambar 4.22 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 10 KWH dan pada pukul 15:00 sebesar 12 KWH. Pada hari ketiga energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 15:00 sebesar 3 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan lebih baik dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan dikarenakan memiliki sisa energi yang lebih banyak sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana VI pada hari ketiga dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.22 warna biru muda.

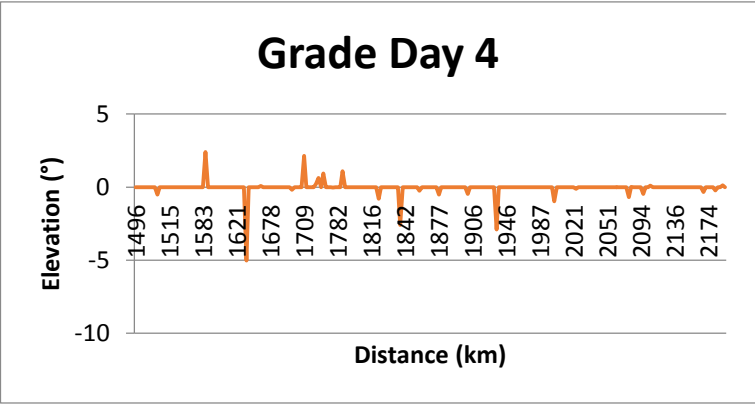
4.4.4 Hari Keempat

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keempat secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.24 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 83 km/jam untuk mencapai jarak 684 km dengan waktu selama 32128 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.24 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keempat yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 14 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari keempat ditunjukkan pada Gambar 4.24 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 16 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari keempat energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 17:00 sebesar 2 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:30.



Gambar 4.24 Grafik analisa Widya Wahana VI pada hari keempat



Gambar 4.25 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana VI pada hari keempat

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keempat dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.24 warna ungu. Gambar 4.25 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari keempat. Kecepatan maksimum nya adalah 100 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 81,6 km/jam dengan waktu selama 32466 detik.

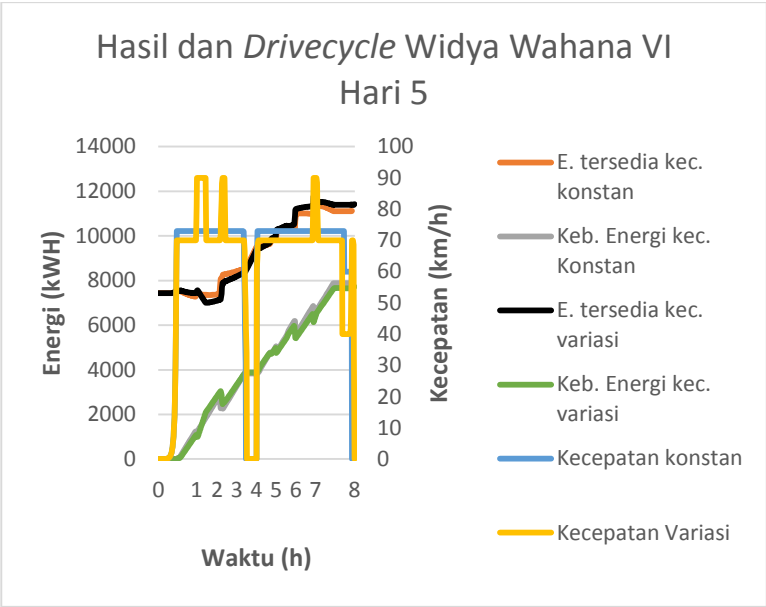
Gambar 4.24 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keempat yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 17:00 sebesar 14 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari keempat ditunjukkan pada Gambar 4.24 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 17 KWH dan pada pukul 17:00 sebesar 16 KWH. Pada hari keempat energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 17:00 sebesar 2 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana VI pada hari keempat dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.24 warna biru muda atau ungu.

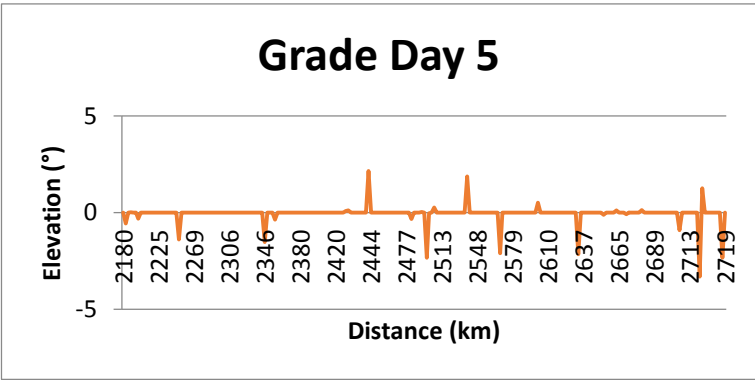
4.4.5 Hari Kelima

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kelima secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.26 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 73 km/jam untuk mencapai jarak 539 km dengan waktu selama 28757 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.26 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kelima yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:30 sampai pukul 16:30 sebesar 7,5 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari kelima ditunjukkan pada Gambar 4.26 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:30 sebesar 7,5 KWH dan pada pukul 16:30 sebesar 11 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari kelima energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan pada pukul 16:30 sebesar 4 KWH dan terdapat waktu pengisian daya pada pukul 16:30 sampai pukul 19:00 dan pada pagi hari keesokan harinya pukul 05:00 sampai pukul 08:00.



Gambar 4.26 Grafik analisa Widya Wahana VI pada hari kelima



Gambar 4.27 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana VI pada hari kelima

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kelima dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.26 warna ungu. Gambar 4.27 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari kelima. Kecepatan maksimum nya adalah 90 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 70,08 km/jam dengan waktu selama 29039 detik.

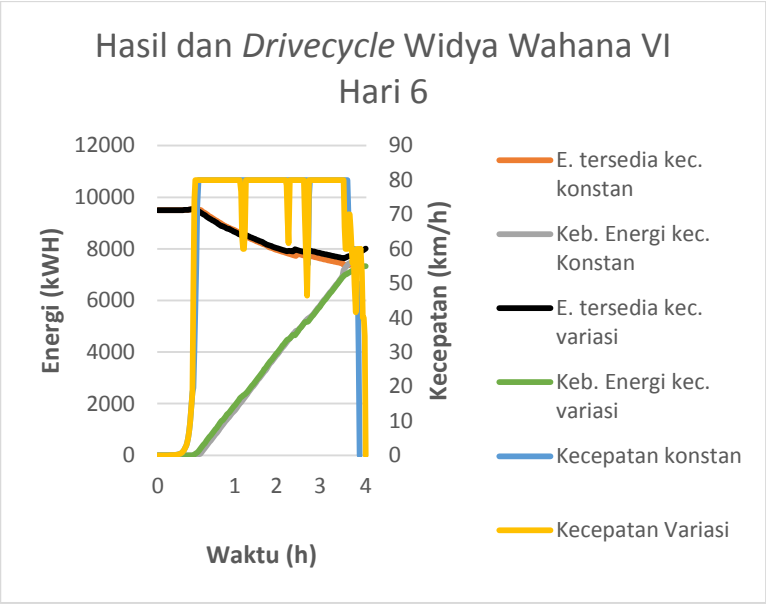
Gambar 4.26 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari kelima yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:30 sampai pukul 16:30 sebesar 7,5 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari kelima ditunjukkan pada Gambar 4.26 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:30 sebesar 7,5 KWH dan pada pukul 16:30 sebesar 11 KWH. Pada hari kelima energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 16:30 sebesar 4 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan dengan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan hampir sama atau tidak signifikan sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana VI pada hari kelima dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.26 warna biru muda atau ungu.

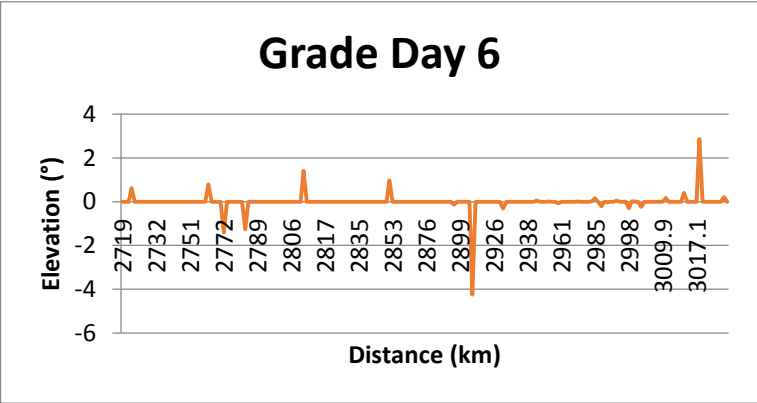
4.4.6 Hari Keenam

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keenam secara konstan ditunjukkan pada Gambar 4.28 warna biru muda. Kecepatan mobil dijaga konstan pada kecepatan 80 km/jam untuk mencapai jarak 303 km dengan waktu selama 14039 detik. Sekaligus sudah disesuaikan dengan peraturan-peraturan pada *World Solar Challenge* bahwa setiap berhenti di *control stop* harus berhenti terlebih dahulu selama 30 menit.

Gambar 4.28 warna hijau muda merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keenam yang dihasilkan dengan menggunakan kecepatan konstan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 12:00 sebesar 7,5 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan konstan pada hari keenam ditunjukkan pada Gambar 4.28 warna coklat. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 9,5 KWH dan pada pukul 12:00 sebesar 7,5 KWH. Grafik ini cenderung naik turun seiring dengan pemakaian energi yang digunakan untuk menjalankan mobil dan masukan energi dari sel surya. Energi yang tersisa dapat dicari melalui selisih dari energi yang tersedia dan energi yang dibutuhkan. Pada hari keenam energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan konstan sebelum pada pukul 12:00 sebesar 0 KWH. Jadi Widya Wahana VI tidak dapat mencapai *finish*.



Gambar 4.28 Grafik analisa Widya Wahana VI pada hari keenam



Gambar 4.29 Grafik kemiringan jalan Widya Wahana VI pada hari keenam

Kecepatan dari mobil Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keenam dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan ditunjukkan pada Gambar 4.28 warna ungu. Gambar 4.29 merupakan grafik yang menunjukkan sudut kemiringan jalan yang dilalui selama perlombaan pada hari keenam. Kecepatan maksimum nya adalah 80 km/jam dan kecepatan rata-ratanya 73,57 km/jam dengan waktu selama 14479 detik.

Gambar 4.28 warna jingga merupakan grafik kebutuhan energi Widya Wahana VI selama perlombaan pada hari keenam yang dihasilkan dengan memanfaatkan sudut kemiringan jalan. Kebutuhan energi selama pukul 08:00 sampai pukul 12:00 sebesar 7 KWH. Grafik energi yang tersedia dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada hari keenam ditunjukkan pada Gambar 4.28 warna hitam. Energi yang tersedia pada pukul 08:00 sebesar 9,5 KWH dan pada pukul 12:00 sebesar 8 KWH. Pada hari keenam energi yang tersisa dengan menggunakan kecepatan yang memanfaatkan sudut kemiringan jalan pada pukul 12:00 sebesar 1 KWH.

Hasil kebutuhan energi pada kecepatan konstan tidak dapat dipakai dikarenakan mobil tidak dapat mencapai garis *finish* sehingga untuk *racing strategy* Widya Wahana VI pada hari keenam dapat menggunakan *driving cycle* pada Gambar 4.28 warna ungu.

4.4.7 Hasil Rata-rata Daya, Torsi, dan RPM

Tabel 4.4 Hasil Simulasi Rata-rata Daya, Torsi, dan RPM Yang Dibutuhkan Mobil Widya Wahana VI

Hari	Daya (Watt)	Torsi (N.m)	RPM (rpm)
Pertama	1475	26,82	443
Kedua	1347	28,27	433
Ketiga	1357	28,61	438
Keempat	2030	33,3	517
Kelima	1384	20,85	464
Keenam	1844	34,36	493

Dari Tabel 4.4, dapat diketahui rata-rata kebutuhan daya, torsi dan rpm yang dibutuhkan Widya Wahana VI selama perlombaan. Hal ini digunakan untuk menentukan motor listrik yang akan digunakan. Rata-rata daya terbesar yang dibutuhkan terdapat pada hari keempat, yaitu sebesar 2030 Watt. Rata-rata torsi terbesar yang dibutuhkan terdapat pada hari keenam, yaitu sebesar 34,36 N.m. Rata-rata rpm terbesar yang dibutuhkan terdapat pada hari keempat, yaitu sebesar 517 rpm.

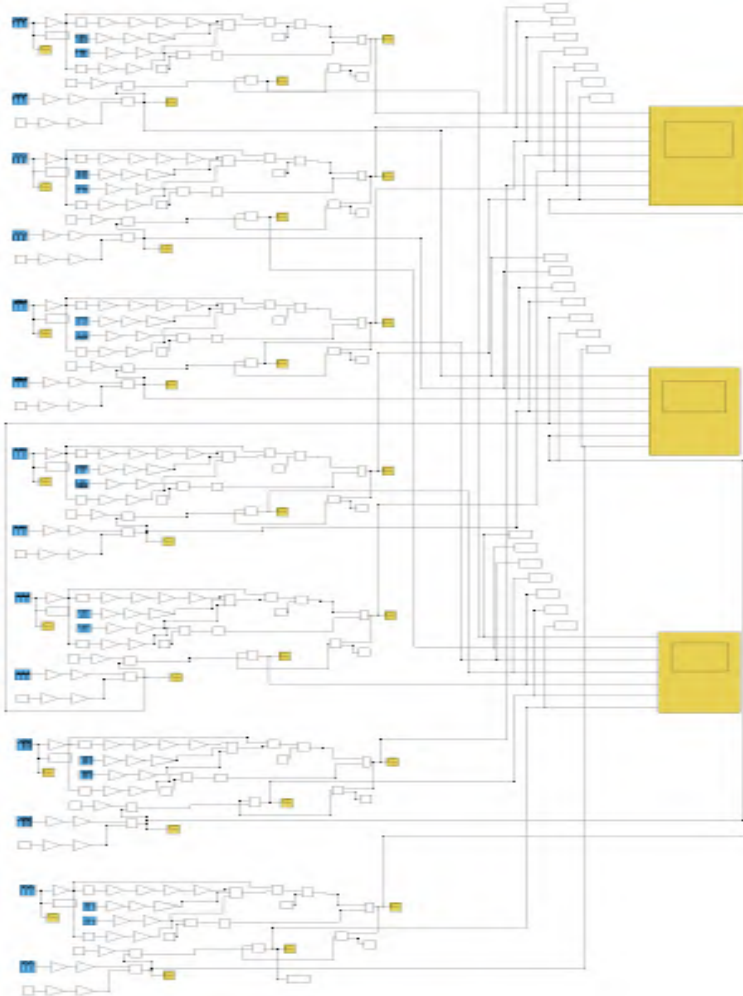
4.5 Perbandingan Hasil Optimasi Widya Wahana V dengan Desain Baru Widya Wahana VI

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Optimasi Widya Wahana V dengan Desain Baru Widya Wahana VI

	Widya Wahana V						Widya Wahana VI					
	Kec. Konstan		Jarak Tempuh	Kec. Variasi		Jarak Tempuh	Kec. Konstan		Jarak Tempuh	Kec. Variasi		Jarak Tempuh
	Keb. Energi	Sisa Energi		Keb. Energi	Sisa Energi		Keb. Energi	Sisa Energi		Keb. Energi	Sisa Energi	
Hari 1	11 KWH	7 KWH	428 km	10,5 KWH	7,5 KWH	428 km	10 KWH	9 KWH	532 km	10 KWH	9 KWH	532 km
Hari 2	10 KWH	5 KWH	455 km	10 KWH	5,5 KWH	455 km	10 KWH	6 KWH	531 km	11 KWH	5 KWH	531 km
Hari 3	10 KWH	4 KWH	426 km	10 KWH	4 KWH	426 km	8,5 KWH	5 KWH	433 km	9 KWH	3 KWH	433 km
Hari 4	10,5 KWH	1 KWH	477 km	10,5 KWH	0,5 KWH	477 km	14 KWH	2 KWH	684 km	14 KWH	2 KWH	684 km
Hari 5	13 KWH	8 KWH	504 km	13 KWH	8 KWH	504 km	7,5 KWH	4 KWH	539 km	7,5 KWH	4 KWH	539 km
Hari 6	10 KWH	4 KWH	550 km	10 KWH	4 KWH	550 km	7,5 KWH	0 KWH	283 km	7 KWH	1 KWH	303 km
Hari 7	6 KWH	1,5 KWH	212 km	6 KWH	1 KWH	212 km	not finish			finish		
	finish			finish								

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Pemodelan Daya, RPM dan Torsi



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan dan simulasi Mobil Widya Wahana V didapatkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil, diantaranya :

1. Hasil dari pemodelan dan simulasi pada optimasi Mobil Widya Wahana V pada kecepatan konstan mencapai garis *finish* pada hari ketujuh pukul 11:00 waktu setempat dengan sisa energi sebesar 1,5 KWH. Sedangkan jika menggunakan kecepatan yang divariasikan mobil mencapai garis *finish* pada hari ketujuh pukul 11:00 waktu setempat dengan sisa energi sebesar 1 KWH.
2. Hasil dari pemodelan dan simulasi pada desain baru Mobil Widya Wahana VI pada kecepatan konstan tidak dapat mencapai garis *finish* dikarenakan tidak ada energi yang tersedia pada hari keenam pukul 12:00 waktu setempat. Sedangkan jika menggunakan kecepatan yang divariasikan mobil mencapai garis *finish* pada hari keenam pukul 12:00 waktu setempat dengan sisa energi sebesar 1 KWH.
3. Strategi manajemen energi yang akan diterapkan pada *World Solar Challenge 2017* dengan desain baru Mobil Widya Wahana VI adalah sebagai berikut :
 - Hari Pertama
Pada hari pertama jarak yang harus ditempuh sejauh 532 kilometer dari Darwin sampai ke Maryfield *Station*. Kecepatan maksimum pada hari pertama sebesar 90 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 64 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari pertama sebesar 10 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem

pengisian dari sel surya sebesar 17 KWH pada pukul 08:00 dan 19 KWH pada pukul 17:00. Sehingga pada perlombaan hari pertama yang berlangsung dari pukul 08:30 sampai pukul 17:00, energi yang tersisa sebesar 9 KWH. Pengisian daya pada baterai dilakukan pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 hari pertama dan keesokan hari kedua pukul 05:00 sampai pukul 08:00.

- Hari Kedua

Pada hari kedua jarak yang harus ditempuh sejauh 531 kilometer dari Maryfield *Station* sampai ke Mungkarta. Kecepatan maksimum pada hari kedua sebesar 70 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 65 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari kedua sebesar 11 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 14 KWH pada pukul 08:00 dan 16 KWH pada pukul 17:00. Sehingga pada perlombaan hari kedua yang berlangsung dari pukul 08:00 sampai pukul 17:00, energi yang tersisa sebesar 5 KWH. Pengisian daya pada baterai dilakukan pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 hari kedua dan kesokan hari ketiga pukul 05:00 sampai pukul 08:00.

- Hari Ketiga

Pada hari ketiga jarak yang harus ditempuh sejauh 433 kilometer dari Mungkarta sampai ke Alice Springs. Kecepatan maksimum pada hari ketiga sebesar 70 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 66 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari ketiga sebesar 9 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 10 KWH pada pukul 08:00 dan 12

KWH pada pukul 15:00. Sehingga pada perlombaan hari ketiga yang berlangsung dari pukul 08:00 sampai pukul 15:00, energi yang tersisa sebesar 3 KWH. Pada hari ketiga diperbolehkan mengisi daya baterai secara eksternal hingga keadaan penuh. Hal ini dikarenakan regulasi dari panitia untuk kelas *cruiser* yang diperbolehkan mengisi daya baterai secara eksternal setelah melalui *Alice Spring control stop*.

- Hari Keempat

Pada hari keempat jarak yang harus ditempuh sejauh 684 kilometer dari Alice Springs sampai ke Coober Pedy. Kecepatan maksimum pada hari keempat sebesar 100 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 81 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari keempat sebesar 14 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 17 KWH pada pukul 08:00 dan 16 KWH pada pukul 17:00. Sehingga pada perlombaan hari keempat yang berlangsung dari pukul 08:00 sampai pukul 17:00, energi yang tersisa sebesar 2 KWH. Pengisian daya pada baterai dilakukan pada pukul 17:00 sampai pukul 19:00 hari keempat dan keesokan hari kelima pukul 05:00 sampai pukul 08:30.

- Hari Kelima

Pada hari kelima jarak yang harus ditempuh sejauh 539 kilometer dari Coober Pedy sampai ke Port Augusta. Kecepatan maksimum pada hari kelima sebesar 90 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 70 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari kelima sebesar 7,5 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem

penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 7,5 KWH pada pukul 08:30 dan 11 KWH pada pukul 16:30, energi yang tersisa sebesar 4 KWH. Pengisian daya pada baterai dilakukan pada pukul 16:30 sampai pukul 19:00 hari kelima dan keesokan hari keenam pukul 05:00 sampai pukul 08:00.

- Hari Keenam

Pada hari keenam jarak yang harus ditempuh sejauh 303 kilometer dari Port Augusta sampai ke Adelaide (*Finish*). Kecepatan maksimum pada hari keenam sebesar 80 km/jam dan kecepatan rata – rata nya sebesar 73 km/jam. Total energi yang dibutuhkan pada hari keenam sebesar 7 KWH sedangkan energi yang tersedia berasal dari sistem penyimpanan energi atau baterai dan sistem pengisian dari sel surya sebesar 9,5 KWH pada pukul 08:00 dan 8 KWH pada pukul 12:00. Sehingga pada hari keenam energi yang tersisa sebesar 1 KWH. Jadi Mobil Widya Wahana VI sampai ke Adelaide (*Finish*) dengan energi yang masih tersisa sebesar 1 KWH dan *finish* pada pukul 12:00.

4. Dengan menggunakan baterai sebagai penyimpan energi yang memiliki kapasitas penyimpanan energi sebesar 17 KWH, Mobil Widya Wahana VI mampu menempuh garis *finish* pada *World SolarChallenge 2017* dengan total waktu selama enam hari pada pukul 12:00 waktu setempat.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa yang telah dibahas dalam Tugas Akhir ini maka spesifikasi Mobil Widya Wahana VI untuk World Solar Challenge 2017 adalah sebagai berikut :

Massa kendaraan (Pengemudi)	: 250	kg
Koefisien Drag	: 0,15	
Koefisien Rolling Resistance	: 0,0028	
Frontal Area	: 1,8	m ²
Radius Roda	: 0,4064	m
Efisiensi Solar Sel	: 23	%
Kapasitas Baterai	: 17	KWH
Drivetrain Efficiency	: 95	%
Overall Gear Ratio	: 1	
Daya Motor (Nominal)	: 2	KW
Torsi Motor (Nominal)	: 25	N.m
RPM	: 700	rpm
Jumlah Motor	: 2	buah

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alexandra Boulgakov. 2012. "Sunswift IV Strategy for 2011 World Solar Challenge". THE UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES School of Electrical Engineering and Telecommunication.
- [2] Asaf Erlich, dkk. 2010. "SHELL-ECO MARATHON CHALLENGE Electrical System of Solar Vehicle". Drexel University.
- [3] Bambang Sri Kaloko. 2011. "Design and Development of Small Electric Vehicle Using MATLAB/Simulink. Indonesia : Dept. of Electrical Engineering Institute of Technology Sepuluh Nopember.
- [4] Farhan A. Salem, PhD. 2013. "MODELING AND CONTROL SOLUTIONS FOR ELECTRIC VEHICLES". Mechatronic Se., dept. of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Taif University, Taif, Saudi Arabia.
- [5] Grunditz & Jansson. 2009. "Modelling and Simulation of a Hybrid Electric Vehicle for Shell Eco-marathon and an Electric Go-kart". Swedia: Department of Energy and Environment CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- [6] Maria Beatriz Namorado Stoffel Faria. 2012. "Decision and Control System of A Solar Powered Train". INSTITUTO SUPERIOR TECNICO Universidade Tecnica de Lisboa.
- [7] MIT Open Course Ware. 2008. "Fundamentals of Photovoltaics". <URL : <http://ocw.mit.edu/terms>>

- [8] Siti C. N. 2014. "PEMODELAN DAN SIMULASI SAPU ANGIN SURYA GENERASI KEDUA GUNA MEMAKSIMALKAN PERFORMA DI *WORLD SOLAR CHALLENGE* 2015". Program Studi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Team Apollo. 2011. "Simulation Report with Smulink". Group T Leuven Engineering College.
- [10] Xi Wei, M.S. 2004. "MODELING AND CONTROL OF A HYBRID ELECTRIC DRIVETRAIN FOR OPTIMUM FUEL ECONOMY, PERFORMANCE AND DRIVEABILITY". The Ohio State University.

BIODATA PENULIS



Penullis bernama lengkap **Hanif Taufiq**, lahir di Banyuwangi, 9 Maret 1993. Anak ketiga dari pasangan suami istri Suyatman dan Nurianah. Penulis menyelesaikan masa studi sekolah dasar di SD Muhammadiyah 1 Banyuwangi pada tahun 2005, dilanjutkan ke SMP Negeri 1 Banyuwangi lulus pada tahun 2008 dan SMA Negeri 1 Glagah Banyuwangi lulus pada tahun 2011.

Selepas SMA penulis melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Mesin pada tahun ajaran 2011/2012. Selama kuliah di ITS penulis aktif mengikuti organisasi Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin. Tidak hanya itu, penulis juga telah bergabung dalam tim mobil surya ITS yang telah berkompetisi di Australia pada *World Solar Challenge 2015* serta turut aktif dalam tim Molina (Mobil Listrik Nasional) ITS. Di teknik mesin penulis memilih untuk masuk Laboratorium Otomasi dan mengerjakan tugas akhir dengan topik pemodelan dan simulasi dibawah bimbingan Dr. Muhammad Nur Yuniarto. Pada tahun 2016 penulis menyelesaikan studi S1-nya.